Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Методические рекомендации

к выполнению практических работ

для специальности 08.02.09

«Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования

промышленных и гражданских зданий»

### ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск

2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» и учебной программой дисциплины «Электротехника» | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол № \_\_\_\_\_\_  от «\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г.  Председатель ПЦК  Чиняева С.А*.* | УТВЕРЖДАЮ  Заместитель директора  по НМРиИТ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Т.Ю.Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_ г. |

## *Составитель: Василенко И.Н.* ***преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа.***

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Методические рекомендации предназначены для выполнения практических работ по дисциплине «Электротехника» студентами специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

В методических рекомендациях приведён перечень практических работ по дисциплине, методические указания к выполнению каждой работы и задания по вариантам. Методические рекомендации предназначены для студентов очной и заочной форм обучения.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями Федерального Госудаственного образовательного стандарта специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий», в соответствии рабочей программой по дисциплине «Электротехника». Выполнение практических работ по дисциплине «Электротехника» способствует формированию у студентов профессиональных и общих компетенций:

ПК1.1, ПК1.2, ПК1.3, ПК3.2, ПК3.3, ПК4.1, ПК4.2, ПК 4.4,ОК1-8

Дисциплина «Электротехника» является базовой для изучения всех остальных дисциплин электротехнического цикла, имеет практическую направленность и проводится в тесной взаимосвязи с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами: электрические машины, монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования зданий, наладка электрооборудования, электрооборудование промышленных и гражданских зданий.

**В результате выполнения практических работ студент должен**

**знать:**

- методы расчета цепей постоянного, переменного однофазного и трехфазного токов;

**уметь:**

- выполнять расчеты электрических цепей.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тема | Вид, название и краткое содержание | Часы на выполнение работы |
| 1.2. Электрические цепи постоянного тока и методы их расчёта | **Практическая работа №1.** «Расчёт цепи постоянного тока методом эквивалентного сопротивления».  **Практическая работа №2.** «Построение потенциальной диаграммы».  **Практическая работа №3.** «Расчёт сложной цепи постоянного тока». | 2 часа  2 часа  2 часа |
| 2.1. Магнитное поле | **Практическая работа № 4.** Расчёт электростатической цепи при смешанном соединении конденсаторов | 2 часа |
| 2.4.Магнитные цепи | **Практическая работа №5.** «Расчёт неразветвлённой неоднородной магнитной цепи».  **Практическая работа № 6.**  Исследование устройства и режимов работы измерительных трансформаторов | 2 часа  2 часа |
| 3.3. Неразветвлённые цепи переменного тока | **Практическая работа № 7.** «Расчёт неразветвлённой цепи переменного тока». | 2 часа |
| 3.4. Разветвлённые цепи переменного тока | **Практическая работа № 8.** «Расчёт разветвлённой цепи переменного тока». | 2 часа |
| 3.7. Цепи трёхфазного тока и их расчёт | **Практическая работа № 9.** «Расчёт симметричной трёхфазной цепи».  **Практическая работа № 10.** «Расчёт несимметричной трёхфазной цепи» | 2 часа  2 часа |

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

**Каждая отчетная работа должна содержать:**

1. Номер и название практической работы.

2. Цель работы.

3. Задание, согласно варианту

3. Электрические схемы для расчётов.

4. Название методики расчёта и расчётные формулы.

5. Расчеты с необходимыми пояснениями.

6. Графики и диаграммы, построенные по результатам расчетов, если это требуется по заданию.

7. Выводы по работе.

Каждая отчетная работа должна быть аккуратно оформлена и вложена в папку с файлами. Схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТа с помощью условных обозначений. Графическая часть отчета (схемы, диаграммы, графики) выполняются карандашом с применением чертежных инструментов. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК. Первый файл в папке должен содержать титульный лист установленного образца (приложение А). Каждая отчетная работа подписывается преподавателем после её защиты и хранится в папке у студента до конца текущего семестра. В конце семестра студент обязан сдать папку со всеми, подписанными преподавателем, работами и получить зачёт по практическим работам за семестр. Зачёт по лабораторно - практическим работам за семестр ставится при наличии в папке всех отчетных работ, проведённых в группе.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1**

**Расчёт цепи постоянного тока методом эквивалентного сопротивления**

**Цель работы:** 1. Освоить метод эквивалентного сопротивления при

расчёте цепи постоянного тока

2. Выполнить проверку расчёта при помощи законов

Кирхгофа и баланса мощностей.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники, и методики расчёта, применяемые при расчёте цепи постоянного тока

**уметь: -** производить расчёт цепи постоянного тока и выполнять его проверку.

**Краткие теоретические сведения**

Выполнение практической работы требует знаний закона Ома для всей цепи и ее участков, законов Кирхгофа, методики определения эквивалентно­го сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность электрического тока. Для освоения методики расчёта следует рассмотреть типовой при­мер

Пример1.1. В цепи со смешанным соединением резисто­ров (рис.1,а)

**г1 = 25 Ом,** **г2=40 Ом, г3=100 Ом, г4=150 Ом, U=100 В**. Оп­ределить **гэкв*,* I,I1, I2, I3,I4***.* Составить баланс мощностей.

Решение. Обозначаем на схеме узлы А, В, С.Определяем, как соединены между собой резисторы, указываем направления токов и обозначаем каждый ток на схеме. Определяем эквивалентные сопротивления каждого участка цепи и, постепенно упрощая схему, определяем эквивалентное сопротивление всей цепи. Резисторы **г3** и **г4** соединены параллельно (между узлами Ви С), их эк­вивалентное сопротивление

**г34  = г3∙г4 / (г3 + г4) = 100 ∙ 150 / (100 + 150) = 60 Ом**

Чертим эквивалентную упрощенную схему (рис. 1,б), заменяя **r3** и **r4** эквивалентным сопротивлением **r34**.Из этой схемы видно, что резисторы

**г2** и **г34** соединены последовательно (между ними нет узлов), поэтому через них протекает ток **I2**.Определяем эквивалентное сопротивление резисторов **г2** и **г34:**

**г2-4 = г2+ г34 = 40+60 = 100 Ом**

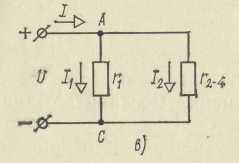
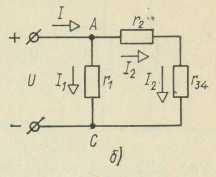
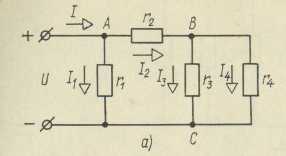


Рис 1.

Чертим упрощенную схему цепи (рис.1,в), заменяя **г2** и **г34** эквивалент­ным сопротивлением **г2-4**, по которому протекает тот же ток **I2*.***Из схемы вид­но, что резисторы **г1**и **г2-4** соединены параллельно (между узлами А и С) и подключены к зажимам источника. Определяем эквивалентное сопротивление всей цепи

г**экв  = г1∙г2-4 / (г1 + г 2-4) = 25 ∙ 100 / (25 + 100) = 20 Ом**

Определяем токи, начиная с самой простой схемы (см. рис. 1,в*),* из ко­торой видно, что вся цепь и каждая из параллельных ветвей с сопротивлениями **г1**и **г2-4** включены на одинаковое напряжение, равное напряжению источника.

**I = U/r = 100/20 = 5 A;**

**Il = U/rl = 100/25 = 4 А;**

**I2 =U/г2-4 = 100/100 = 1 А.**

Для проверки правильности решения общий ток **I** можно определить по первому закону Кирхгофа

**I = I1 + I2 = 4+1 =5 А**.

Чтобы определить токи **I3**и **I4**(см. рис. 1,а), нужно знать напряжение **U34**на параллельно соединенных ре­зисторах **г3**и **г4*.***Это напряжение можно узнать из схемы, изображенной на рис. 1,б где резисторы **г3** и **г4** заменены эквивалентным **г34**, по которому те­чет ток **I2.**

Таким образом,

**U34 = I2r34*=* 1∙ 60 = 60 В;**

**I3 = U34 /r3 = 60/100 = 0,6 А;**

**I4 = U34 /r4 = 60/150 = 0,4 А,**

или  **I4 = I2 – I3 = 1—0,6 = 0,4 А.**

Составляем баланс мощностей:

**Ри = Р1 + Р2+Р3 + Р4;**

**Ри = U ∙ I** **–** мощность источника энергии;

**Р1 + Р2+Р3 + Р4 –** сумма мощностей приёмников, где

**Р**i **= I**i**2 ∙ г**i

i – номер приёмника

**100 ∙ 5 = 42 ∙ 25+12 ∙ 40+0,62 ∙ 100+0,42 ∙ 150;**

**500 = 400 + 40 + 36 + 24;**

**500 Вт = 500 Вт.**

**Варианты заданий к практической работе №1.**

В электрической цепи со смешанным соединением резисторов (Таблица1.1).

Вычислить токи, напряжения и мощности каждого участка цепи и всей цепи, определить ЭДС Е. Составить баланс мощностей.

Таблица 1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вариант**  **№** | **Данные для расчётов** | **Схема электрической**  **цепи** |
| **1** | Ι1 = 5 А; R1 = 19 Ом;  R2 =70 Ом;  R3 = 30 Ом; R4 = 60 Ом;  R5 = 30 Ом; R6 = 5Ом;  R0 = 1 Ом | Рис.1.1 |
| **2** | Ι6 = 100 А; R1 = 15 Ом;  R2 =2 Ом; R3 = 13,3 Ом;  R4 = 10 Ом; R5 = 10 Ом;  R6 =3,9 Ом;R0 = 0,1 Ом; | Рис.1.2 |
| **3** | 4 = 6 А; R1 = 40 Ом;R2 =86 Ом; R3 = 10 Ом; R4 = 14Ом;  R5 =50 Ом; r = 0,4 Ом;  U5 = 100В. | Рис.1.3 |
| **4** | R1 = 4,8 Ом, R2 = 6,25 Ом, R3 = 60 Ом, R4 = 5 Ом,  R5 = 15 Ом, R6 = l5 Ом,  R0 = 0,2 Ом, I1 = 5 А. | Рис. 1.4 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вариант**  **№** | **Данные для расчётов** | **Схема электрической**  **цепи** |
| **5** | R1 = 20 Ом;R2 =5 Ом; R3 = 30 Ом; R4 = 10 Ом;  R5 = 25 Ом;  R6 = 100 Ом; R0 = 0,5 Ом;  Е = 210 В. | Рис. 1.5 |
| **6** | R1 = 10 Ом, R2 = 80 Ом,  R3 = 26,6 Ом, R4 = 60 Ом,  R5 = 50 Ом, R6 = 10 Ом,  R0 = 1 Ом, E = 32 В. | Рис.1.6 |
| **7** | R1 = 2.5Ом;R2 =10 Ом;  R3 = 50Ом; R4 =50 Ом;  R5 = 10Ом; R6 = 40Ом;  R0= 1 Ом; U2= 10 В. | Рис.1.7 |
| **8** | I6 = 20 А, R1 =30 Ом,  R2 = 4 Ом, R3 = 26,6 Ом,  R4 = R5 = 20 Ом,  R6 = 7,8 Ом, R0 = 0,2 Ом. | Рис.1.8 |
| **9** | Е = 200В; 6 = 10А; R1 = 10 Ом;  R2 =15 Ом; R3 = 30 Ом;  R4 = 20Ом; R5 = 40Ом; R6 = 11 Ом. | Рис.1.9 |
| **10** | R1 = 20 Ом, R2 = 9 Ом,  R3 = 60 Ом, R4 = 5 Ом,  R5 = R6 = 50 Ом,  R01 = 1 Ом, напряжение U3 = UAB = 40 В. | Рис.1.10 |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2**

**Построение потенциальной диаграммы**

**Цель работы:** 1. Рассчитать потенциалы точек неразветвлённой цепи постоянного тока

2. Построить потенциальную диаграмму

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники, и методики расчёта, применяемые при расчёте потенциалов цепи постоянного тока

**уметь: -** производить расчёт цепи постоянного тока и строить потенциальную диаграмму.

**Краткие теоретические сведения**

Режимы работы источников. Величина тока в неразветвлённой электрической цепи с несколькими источниками (рис.2.1) определяется отношением алгебраической суммы ЭДС всех источников к полному сопротивлению цепи, т.е.

I= E/ R

Для определения знаков ЭДС в алгебраической сумме, условно задаётся направление обхода контура: по часовой или против часовой стрелки. ЭДС источника, направление которой совпадает с выбранным направлением обхода, учитывается со знаком «+».ЭДС источника направление которой не совпадает с выбранным направлением обхода, - со знаком «-». Например,

(см. рис. 2) направление обхода выбрано по часовой стрелке, тогда:

I=(E1-E2+E3-E4)/(R1+R2+R3+R4+R01+R02+R03+R04)

Если в результате подсчета величина тока получится со знаком «+», то его направление совпадает с выбранным направлением обхода, если же со знаком «-», то направление тока цепи противоположно выбранному направлению обхода. Определив, таким образом, величину и направление тока в цепи, можно заключить, что направление ЭДС источников не всегда совпадает с направлением тока.

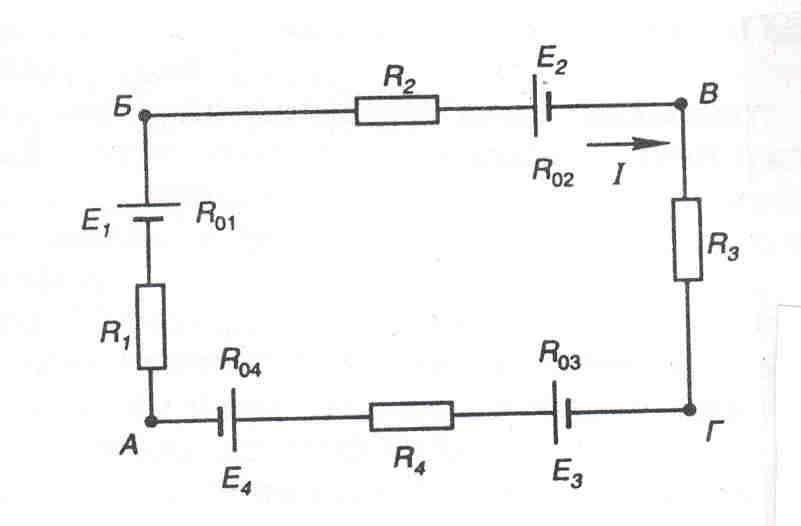
Источники, ЭДС которых совпадает с направлением тока, работают в режиме генератора. Источники, ЭДС которых не совпадает с направлением тока, работают в режиме потребителя.

Если, допустим, в результате расчета цепи, показанной на рис.2.1,окажется, что ток совпадает с выбранным направлением обхода по часовой стрелке, то источники ЭДС E1 и E3 работают в режиме генератора, а E2 и E4 – в режиме потребителя.

Напряжение на зажимах источника, работающего в режиме потребителя, больше, чем ЭДС самого источника на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении этого источника, т.е. Uпотр=E потр +IRпотр

А напряжение на клеммах источника, работающего в режиме генератора, меньше, чем ЭДС источника на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении этого источника, т.е. Uген=Eген-IRген

рис.21.



Таким образом напряжение на любом участке цепи рис.2.1 (показаны 4 участка АБ,БВ,ВГ,ГА) может быть определено следующим образом:

U=ϕ+  ϕE ± IR

Где U- напряжение на участке между точкой с положительным потенциалом j+ и точкой с отрицательным потенциалом j; R-полное сопротивление участка.

Знак «+» ставят для участка, на котором источник работает в режиме потребителя, а знак «-» для участка, на котором источник работает в режиме генератора.

При изучении и расчете некоторых цепей необходимо определить потенциалы отдельных точек электрической цепи и построить потенциальную диаграмму. На участке АБ (рис. 2.1) точка Б имеет положительный потенциал φ*+* , а точка А- отрицательный потенциал φ*-*, поэтому

ϕв ϕа =(ϕϕ) =I ( R1 + R01),

так как источник работает в режиме генератора, т.е.

ϕв =ϕа + Е - I ( R1 + R01)

На участке БВ точка Б имеет положительный потенциал *ϕ+*, а точка В – отрицательный *ϕ*поэтому

ϕВ - ϕБ=(ϕ+ϕ) = Е2 + I ( R2 + R02 ),

так как источник Е2 работает в режиме потребителя, т. е.

ϕВ=ϕБ + Е2 - I ( R2 + R02 ).

Таким образом, потенциал точки Г можно записать:

ϕГ=ϕА + Е1 - Е2  - I (R1 + R01 + R2 + R02 + R3 )

- если обходить цепь по току, или:

ϕГ=ϕА + Е4 – Е3  - I ( R04 + R4 + R03 )

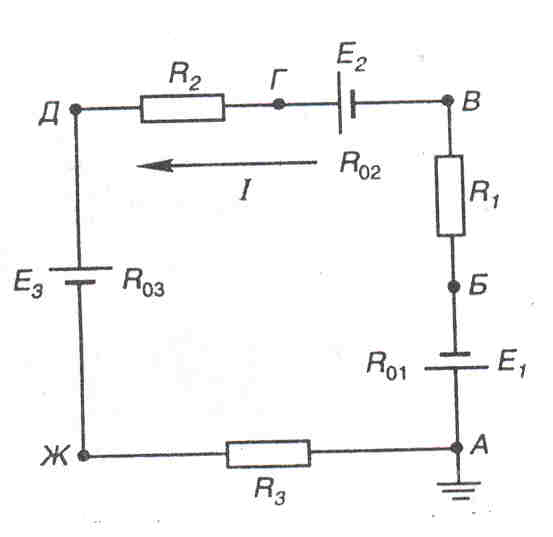
если обходить цепь против тока.

Отсюда можно сделать следующий вывод: если обходить цепь по направлению тока, то потенциал в каждой точке определяется потенциалом предыдущей точки плюс ЭДС источника, работающего в режиме генератора, минус ЭДС источника, работающего в режиме потребителя, и минус падение напряжения на участке между этими точками цепи. Если же обходить контур против тока, то знаки перед ЭДС и падением напряжения изменяются на противоположные.

Потенциальная диаграмма. Потенциальная диаграмма представляет собой график изменения потенциалов точек цепи в зависимости от величины сопротивлений участков между этими точками. Для построения потенциальной диаграммы одну из точек электрической цепи условно заземляют (её потенциал принимают равным нулю), а потенциалы остальных точек равны напряжению между этими точками и заземленной точкой. Потенциальная диаграмма изображается в виде ломаной линии.

Пример расчёта.

рис.2.2



Для цепи, изображенной на рис.2.2 , дано:E1=8B;E2=24B; E3=9,5B; R1=0,5Ом; R2=1Ом; R3=1,5Ом; R01=0,15Ом;R02=0,1Ом; R03=0 Ом;

Определить:

1. Величину и направление тока в цепи.

2.Потенциалы точек Б,В,Г,Д,Ж, приняв потенциал точки А равным нулю(φА=0).

3.Построить потенциальную диаграмму.

4. Составить и проверить баланс мощностей для цепи.

Решение.

1.Выбираем направление обхода контура по часовой стрелке, тогда величина тока.

I=(E1-E2+E3)/(R1+R2+R3+R4+R01+R02+R03)=

=(8-24+9,5)/(0,5+1+1,5+0,15+0,1+0)= -2А.

Знак «-», полученный в результате вычисления тока, указывает на то, что ток направлен против выбранного направления обхода, т.е. против часовой стрелки (как показано на рис.2.2). В дальнейших расчетах знак «-» не учитывается. Таким образом, E2-генератор,E1и E3-потребители.

2.Для определения потенциалов указанных точек обходим контур по направлению тока. При этом получаем (*ϕ*А=0 – по условию):

ϕ Б= ϕА – Е1 - I∙R01=0-8-2∙0,15= -8,3В;

ϕВ= ϕБ – I∙R1=-8,3-2∙0,5= -9,3В;

ϕГ = ϕВ + Е2 - I∙R02=14,5В;

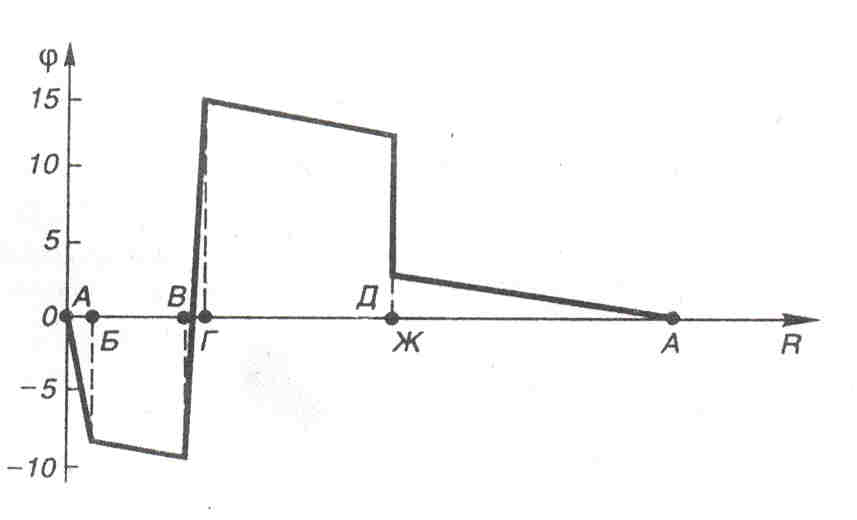
ϕД= ϕГ – I∙R2=14,5-2∙1=12,5В;

ϕЖ = ϕД + Е3 - I∙R03=12,5-9,5-2∙0=3В;

ϕА= ϕЖ – I∙R3=3-2\*1.5=0

3.Для построения потенциальной диаграммы по оси ординат в масштабе откладываются потенциалы точек, а по оси абсцисс – сопротивления участков. Потенциальная диаграмма изображена на рис.2.3.

рис. 2.3.



4.Баланс мощностей в электрической цепи с несколькими источниками выполняется при условии, что сумма мощностей источников, работающих в режиме генераторов, равна сумме мощностей источников, работающих в режиме потребителей, и потерям мощностей на всех сопротивлениях цепи, включая внутренние сопротивления источников, т.е.

Е2 × I= Е1 × I+ Е3 × I+I2×(R1+R2+R3+R+R01+R02+R03)

24×2= 8×2+9,5×2+22×(0,5+1+1,5+0,15+0,1+0)

42Вт=42Вт.

**Варианты заданий к практической работе №2.**

По схеме на рисунке 2.4. и данным в таблице 2.1, согласно своему варианту, построить потенциальную диаграмму.

рис. 2.4.

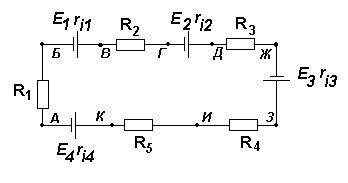


Таблица 2.1

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варианта | Задания для расчёта |
| 1 | E1=15B; Е2=40B; Е3=85B; r1=0.5Oм; r2=1Oм; r3=0.5Oм; R1=10Oм; R2=15Oм; R3=13Oм; R4=6Oм; R5=24Oм; φA=0. |
| 2 | E1=30B; E3=24B; E4=64B; r1=1.5Oм; r3=0.5Oм; r4=1 Oм;R1=14Oм; R2=16Ом; R3=28Oм; R4=22Oм; R5=17Oм; φA=0 |
| 3 | E2=80B; E3=65B; E4=80B; r2=2Oм; r3=0.5Oм; r4=0.5 Oм;R1=38Oм;  R2=22Oм; R3=14Oм; R4=17Oм; R5=36Oм; φA=0 |
| 4 | E1=20B; E3=15B; E4=25B; r1=0.25Oм; r3=0.25Oм; r4=0.5Oм;  R1=19 Oм; R2=22 Oм; R3=18 Oм; R4=15 Oм; R5=25 Oм; φA=0 |
| 5 | E1=15B; E2=25B; E3=60B; r1=1.5Oм; r2=0.25Oм; r3=1.25Oм;  R1=17Oм; R2=24Oм; R3=10Oм; R4=16Oм; R5=30Oм; φB=0 |
| 6 | E1=40B; E2=15B; E3=45B; r1=1Oм; r2=0.75Oм; r3=1.25Oм;  R1=35Oм; R2=7Oм; R3=15Oм; R4=30Oм; R5=10Oм; φB=0 |
| 7 | E2=10B; E3=45B; E4=68B; r2=0.2Oм; r3=0.7Oм; r4=0.1Oм; R1=29Oм; R2=12Oм; R3=48Oм; R4=26Oм; R5=14Oм; φB=0 |
| 8 | E2=75B; E3=30B; E4=25B; r2=1 Oм; r3=0.7 Oм; r4=0.3Oм;  R1=58Oм; R2=33Oм; R3=27Oм; R4=10Oм; R5=30Oм; φг=0 |
| 9 | E1=40B; E3=15B; E4=145B; r1=1.2 Oм; r3=0.6 Oм; r4=0.2 Oм; R1=23 Oм; R2=8Oм; R3=14Oм; R4=26Oм; R5=17Oм; φг=0. |
| 10 | E1=25B; E2=15B; E3=40B; r1=0.15Oм; r2=0.45Oм; r3=0.4Oм;  R1=12Oм; R2=19Oм; R3=21Oм; R4=9Oм; R5=18Oм; φг=0. |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3**

**Расчёт сложной цепи постоянного тока**

**Цель работы:** 1. Освоить две методики (по выбору студента) расчёта

сложных цепей постоянного тока

2. Выполнить проверку расчёта при помощи законов

Кирхгофа и баланса мощностей.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники, и методики расчёта, применяемые при расчёте сложных цепей постоянного тока

**уметь: -** производить расчёт сложной цепи постоянного тока и выполнять его проверку.

**Краткие теоретические сведения**

Практическая работа № 3 требует знаний методов расчёта сложной электрической цепи и ее участков, законов Кирхгофа, методики определения эквивалентно­го сопротивления цепи. Перед решением задачи изучите методики расчётов сложных электрических цепей постоянного тока и рассмотрите соответствующие им типовые при­меры.

3.1. Метод наложения токов

Метод наложения является одним из методов расчета сложных цепей с несколькими источниками.

Сущность расчета цепей методом наложения сводится к следующему:

1. В каждой ветви рассматриваемой цепи направление тока выбирается произвольно.
2. Количество расчетных схем цепи равно количеству источников в исходной схеме.
3. В каждой расчетной схеме действует только один источник, а остальные источники заменяются их внутренним сопротивлением.
4. В каждой расчетной схеме методом свертывания определяют частичные токи в каждой ветви. Частичным называется условный ток, протекающий в ветви под действием только одного источника. Направление частичных токов в ветвях вполне определенно и зависит от полярности источника.
5. Искомые токи каждой ветви рассматриваемой схемы определяются как алгебраическая сумма частичных токов для этой ветви. При этом частичный ток, совпадающий по направлению с искомым, считается положительным, а несовпадающий - отрицательным. Если алгебраическая сумма имеет положительный знак, то направление искомого тока в ветви совпадает с произвольно выбранным, если отрицательный, то направление тока противоположно выбранному.

Пример 3.1. Метод наложения токов

Определить токи во всех ветвях цепи, схема которой приведена на рисунке 3.1, если задано Е1 = 40 В; Е2 = 30 В; R01 = R02 = 0,4 Ом; R1 = 30 Ом; R2=R3 = 10 Ом; R4=R5 = 3,6 Ом.

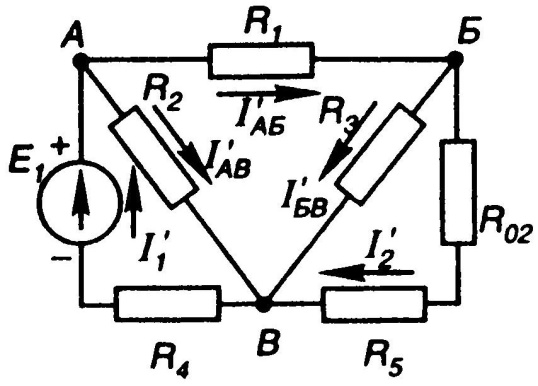
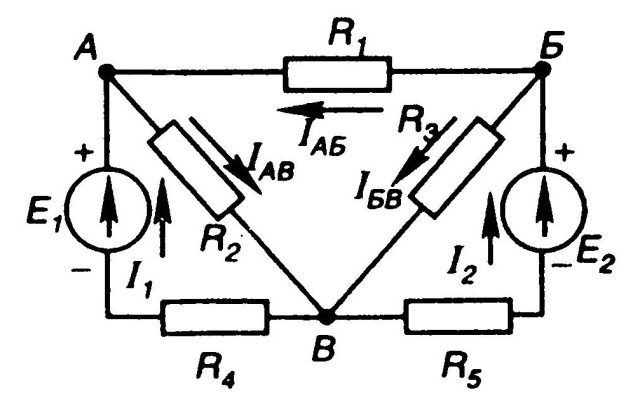


Рис.3.1 Рис.3.2

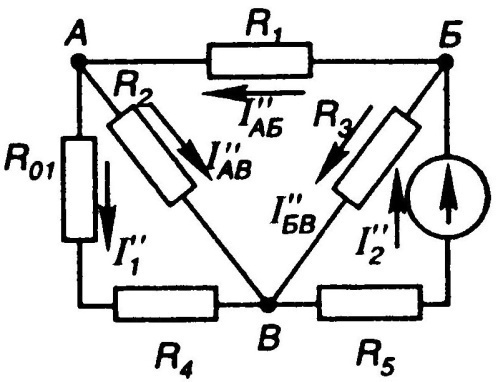


Рис.3.3

Устанавливается, что количество ветвей и соответственно различных токов в цепи (рис. 3.1) равно пяти, и произвольно выбирается направление этих токов.

Количество расчетных схем две, так как в цепи два источника.

Вычисляются частичные токи, созданные в ветвях первым источником (I′) Для этого изображается та же цепь, только вместо Е2 - его внутреннее сопротивление (R02). Направление частичных токов в ветвях указаны в схеме (рис.3.2).

Вычисление этих токов производится методом свертывания



Тогда первые частичные токи в цепи (рис. 3.2), имеют следующие значения:



Вычисляются частичные токи, созданные вторым источником (I′′). Для этого изображается исходная цепь, заменив в ней первый источник (Е1) его внутренним сопротивлением (R01). Направления этих частичных токов в ветвях указаны на схеме (рис. 3.3).

Вычислим эти токи, пользуясь методом свертывания.



.



Вторые частичные токи в цепи (рис. 3.3) имеют следующие значения:



Следовательно, искомые токи в рассматриваемой цепи (рис.3.1) определяются алгебраической суммой частичных токов (рис.3.1, 3.2 и 3.3) и имеют следующие значения:



Ток IАБ имеет знак «-», следовательно, его направление противоположно произвольно выбранному, т.е. IАБ направлен из точки А в точку Б.

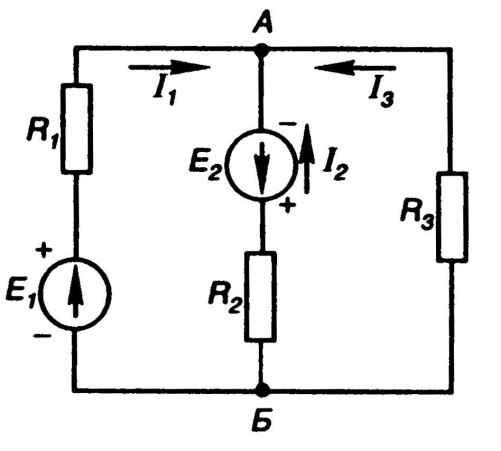
3.2. Метод узлового напряжения

Расчет сложных разветвленных электрических цепей с несколькими источниками можно осуществить методом узлового напряжения, если в этой цепи имеются только два узла. Напряжение между этими узлами и называется узловым. UАБ - узловое напряжение схемы (рис. 3.4).

Величина узлового напряжения определяется отношением алгебраической суммы произведений ЭДС и проводимости ветвей с источниками к сумме проводимостей всех ветвей.

Для определения знаков алгебраической суммы направления токов во всех ветвях выбирают одинаковыми, т. е. от одного узла к другому (рис.3.4). Тогда ЭДС источника, работающего в режиме генератора, берут со знаком «+», а источника, работающего в режиме потребителя, - со знаком «-».

Рис.3.4



Знак «-» в вычисленном значении тока указывает, что условно выбранное направление тока данной ветви противоположно выбранному.

Пример 3.2. Метод узлового напряжения

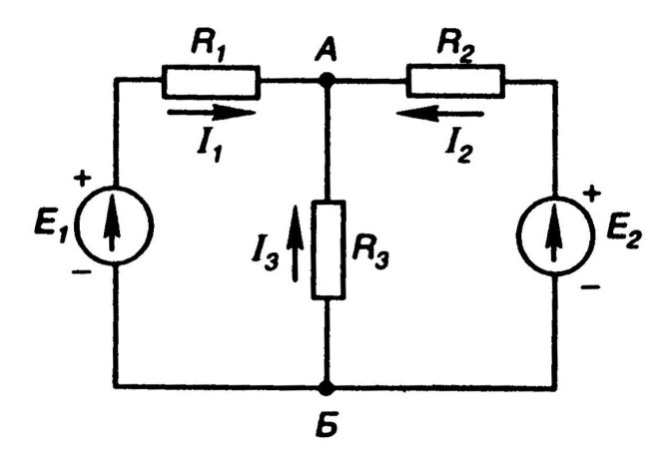


Рис.3.5

В ветвях схемы (рис.3.5) требуется определить токи, если R1 = 1,7 Ом; R01 = 0,3 Ом; R2 = 0,9 Ом; R02 = 0,1 Ом; R3=4 Ом; E1 = 35 В; E2 = 70 В.

Определяем узловое напряжение UАБ:



Где тогда



Определяем токи в ветвях:



Как видно, направление токов I1 и I3 противоположно выбранному. Следовательно, источник Е1 работает в режиме потребителя.

3.3. Метод узловых и контурных уравнений

Законы Кирхгофа лежат в основе расчета сложных электрических цепей методом узловых и контурных уравнений.

Составление системы уравнений по законам Кирхгофа (методом узловых и контурных уравнений) осуществляется в следующем порядке:

1. Число уравнений равно числу токов в цепи (число токов равно числу ветвей в рассчитываемой цепи). Направление токов в ветвях выбирается произвольно.
2. По первому закону Кирхгофа составляется (n-1) уравнений, где n- число узловых точек в схеме.
3. Остальные уравнения составляются по второму закону Кирхгофа.

В результате решения системы уравнений определяем искомые величины для сложной электрической цепи (например, все токи при заданных значениях ЭДС источников Е и сопротивлений резисторов R). Если в результате расчета какие-либо токи получаются отрицательными, это указывает на то, что их направление противоположно выбранному.

* 1. Метод контурных токов

При расчете сложных цепей методом узловых и контурных уравнений (по законам Кирхгофа) необходимо решать систему из большого количества уравнений, что значительно затрудняет вычисления. Так для схемы (рис. 3.6) необходимо составить и рассчитать систему, составленную из 7-ми уравнений (по законам Кирхгофа).

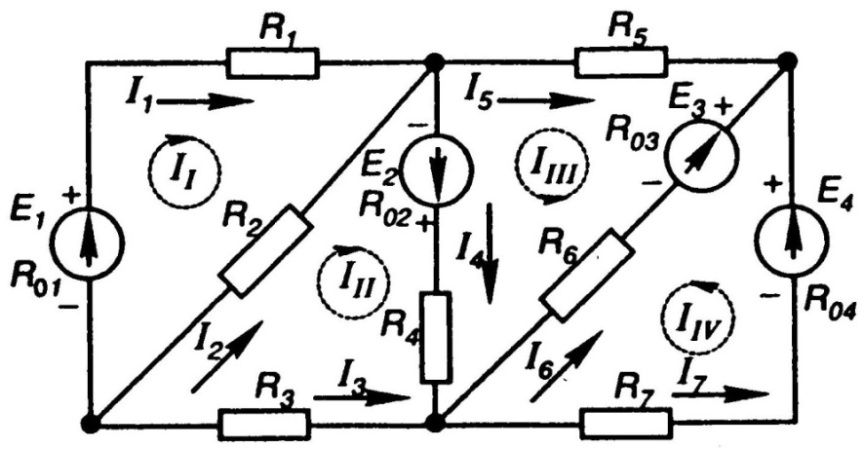


Рис.3.6

Ту же задачу можно рассчитать, составив и решив только 4 уравнения по 2-му закону Кирхгофа, если воспользоваться методом контурных токов.

Для этой цели в схеме выделим 4 независимых контура, в каждом из которых произвольно направим контурный ток (II, III, IIII, IIV). Контурный ток — это расчетная величина, измерить которую невозможно. Как видно, отдельные ветви схемы входят в два смежных контура. Тогда действительный ток в такой ветви определяется алгебраической суммой контурных токов смежных контуров:



Для определения контурных токов составляем т уравнений по второму закону Кирхгофа. В каждое уравнение входит алгебраическая сумма ЭДС, включенных в данный контур (по одну сторону от знака равенства) и общее падение напряжения в данном контуре, созданное контурным током данного контура и контурными токами смежных контуров (по другую сторону знака равенства).

Таким образом, для схемы (рис. 3.6) составляем 4 уравнения. Со знаком плюс записываются ЭДС и падения напряжения (по разные стороны знака равенства), действующие в направлении контурного тока, со знаком минус, направленные против контурного тока



**Варианты заданий к практической работе №3.**

В сложной электрической цепи постоянного тока (Рис.3.9 - 3.18) определить токи на всех участках цепи. Задачу решить двумя любыми методами.

Таблица 3.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вариант**  **№** | **Данные для расчётов** | **Схема электрической**  **цепи** |
| **1** | Е1=136В; Е2 =80В;R1 = 194 Ом;R2 =76 Ом; R3 = 240 Ом; R4 =120 Ом. R01= 6 Ом; R02= 4 Ом | Рис.3.9 |
| **2** | Е1=150В; Е2 =170В;  R1 = 29,5Ом;R2 =24 Ом; R3 = 40 Ом; R01= 0,5 Ом; R02= 1 Ом | Рис.3.10 |
| **3** | Е1=68В; Е2 =40В;  R1 = 97Ом;R2 =38Ом;  R3 = 120 Ом; R4=60Ом;  R01= 3 Ом; R02= 2 Ом | Рис.3.11 |
| **4** | Е1=45В; Е2 =60В;  R1 = 2 Ом;R2 =14.5 Ом;  R3 = 15 Ом; R4 =5 Ом  R01= 0,5Ом;  R02= 0,5Ом | Рис.3.12 |
| **5** | Е1=30В; Е2 =40В;  R1 =10Ом;R2 =2 Ом;  R3 = 3Ом;  R4 = R5 =12Ом;  R0 1= 2Ом; R0 2= 1Ом. | Рис.3.13 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вариант**  **№** | **Данные для расчётов** | **Схема электрической**  **цепи** |
| **6** | Е1=90В; Е2 =120В;  R1 = 4Ом;R2 =29 Ом;  R3 = 30 Ом; R4 =10Ом; R01= 1Ом; R02= 1Ом | Рис.3.14 |
| **7** | Е1=120В; Е2 =144В;  R1 = 3,6Ом;R2 =6,4 Ом;  R3 = 6 Ом; R4 =4 Ом  R01= 0,4 Ом;  R02= 1,6 Ом. | Рис.3.15 |
| **8** | Е1=160В; Е2 =200В;  R1 = 9Ом;R2 =19 Ом; R3 = 25 Ом; R4 =100Ом;  R01 = 1Ом; R02= 1 Ом | Рис.3.16 |
| **9** | Е1=60В; Е2 =72В;  R1 = 1,8Ом;R2 =3,2 Ом;  R3 = 3 Ом; R4 =2Ом;  r1= 0,2Ом; r2= 0,8 Ом | Рис.3.17 |
| **10** | Е1=80В; Е2 =100В;  R1 = 9Ом;R2 =19 Ом;  R3 = 25 Ом; R4 =100Ом;  R01= 1Ом; R02= 1 Ом | Рис. 3.18 |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4**

**Расчёт электростатической цепи при смешанном соединении конденсаторов**

**Цель работы:** 1. Освоить метод эквивалентной ёмкости.

2. Рассчитать энергию электрического поля батареи конденсаторов.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники, и методики расчёта, применяемые при расчёте электростатической цепи постоянного тока

**уметь: -** производить расчёт электростатической цепи постоянного тока.

**Краткие теоретические сведения**

Конденсатор – это пассивный элемент, характеризующийся емкостью.

Электрическая емкость **-** характеристика диэлектрика, оценивающая его способность накапливать электрический заряд

Для определения ёмкости конденсатора необходимо рассчитать электрическое поле в конденсаторе. Емкость определяется отношением заряда **Q** на обкладках конденсатора к напряжению **U** между ними:

**C = Q/U, Фарад**

и зависит от геометрии обкладок и свойств диэлектрика, находящегося между ними. Большинство диэлектриков, используемых на практике, линейны, т.е. у них относительная диэлектрическая проницаемость  **=const**.



Обозначение конденсатора на схеме электрической цепи приведено на рис. 4.1.

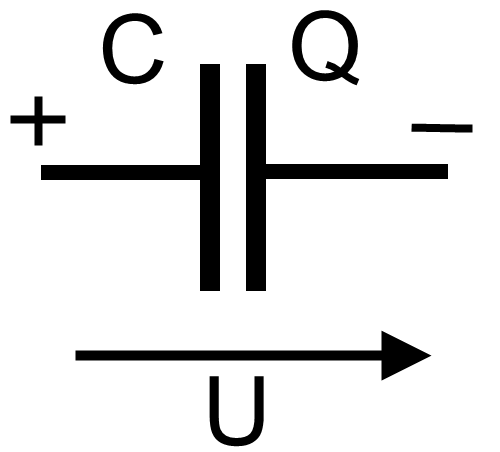


Рис. 4.1

Для получения заданной ёмкости конденсаторы соединяют в батареи: параллельно, последовательно или смешанно.

Формулы для расчёта ёмкости, напряжения и заряда батареи при параллельном и последовательном соединении конденсаторов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

|  |  |
| --- | --- |
| **Параллельное соединение**  **конденсаторов** | **Последовательное соединение**  **конденсаторов** |
|  |  |

При смешанном соединении конденсаторов применяется метод эквивалентной ёмкости. При этом в цепи конденсаторов выделяются участки с параллельным и последовательным соединениями и цепь постепенно «сворачивается», определяется **Сэ** цепи. Затем, используя формулы, связывающие ёмкость, заряд и напряжение на конденсаторе, определяют напряжение и заряд каждого участка и всей батареи конденсаторов:

**Qі = Cі∙Uі**или **Uі = Qі/Cі**

Энергия батареи конденсаторов, независимо от способа их соединения определяется по формуле:

**WЭ = Cэ2∙U/2**.

**Варианты заданий к практической работе №4.**

В цепи со смешанным соединением конденсаторов (рис. 4.3) определить эквивалентную ёмкость, напряжение и заряд каждого конденсатора и всей батареи. Определить энергию батареи конденсаторов. Варианты заданий приведены в таблице 4.2.

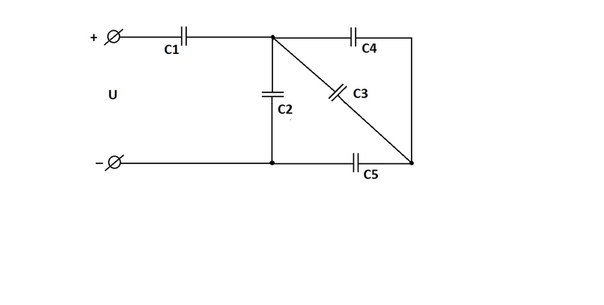


Рис.4.3

Таблица4.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вари-**  **ант** | **Дано:** | | | | | | |
| **С1, мкФ** | **С2, мкФ** | **С3, мкФ** | **С4, мкФ** | **С5, мкФ** | **Сэ, мкФ** | **напряжение** |
| **1** | **50** | **30** | **20** | **40** | **30** | **?** | **U2=15В** |
| **2** | **?** | **16** | **10** | **30** | **60** | **8** | **U1=40В** |
| **3** | **120** | **?** | **2** | **18** | **60** | **30** | **U=120В** |
| **4** | **160** | **32** | **15** | **25** | **10** | **?** | **U3=20В** |
| **5** | **90** | **40** | **80** | **20** | **25** | **?** | **U5=80В** |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5**

**Расчёт неразветвлённой неоднородной магнитной цепи**

**Цель работы:** 1. Освоить метод расчёта

неразветвлённой неоднородной магнитной цепи

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники, и методики расчёта, применяемые при расчёте магнитных цепей

**уметь: -** производить расчёт неразветвлённой неоднородной магнитной цепи

**Краткие теоретические сведения**

Задание на практическую работу № 5 содержит в себе прямую задачу расчёта неразветвлённой неоднородной магнитной цепи.

Часть электротехнического устройства, отдельные участки ко­торого выполнены из ферромагнитных материалов, по которым замыкается магнитный поток, называется магнитной цепью*.* Магнитная цепь, которая выполнена из одного материала и по всей длине имеет одинаковое сечение, называется однородной

Неоднородная магнитная цепь состоит из нескольких одно­родных участков, отличающихся длиной, сечением и материа­лом. Наиболее часто встречаются магнитные цепи, в которых, кроме ферромагнитных участков, имеются воздушные зазоры. Неоднородная цепь, изображенная на рис. 5.2,имеет 4 участка, одним из которых, является воздушный зазор.

Магнитные цепи, как и электрические, бывают неразветвленными и разветвленными. Характерной особенностью неразветвленной магнитной цепи (рис. 5.2) является неизменный магнитный поток ***Ф*** во всех участках цепи.

Алгоритм расчета неразветвлённой неоднородной магнитной цепи:

1. Разбить магнитную цепь (рис.5.2) на однородные участки. Определить длины (***l*i**) и сечения (***Si )*** этих участков.

2. По формуле: ***В i = Ф/ Si*** определить магнитные индукции на каждом участке.

3. По кривой намагничивания для заданного сорта стали (рис.5.1) определить необходимую напряженность магнитного поля ***Hi***для каждого участка и магнитное напряжение **Hi  *l*i***.*



4. По закону полного тока ***∑I×W=∑Hi×li*** определить МДС, необходимую для создания в данной цепи магнитного потока ***Ф***.

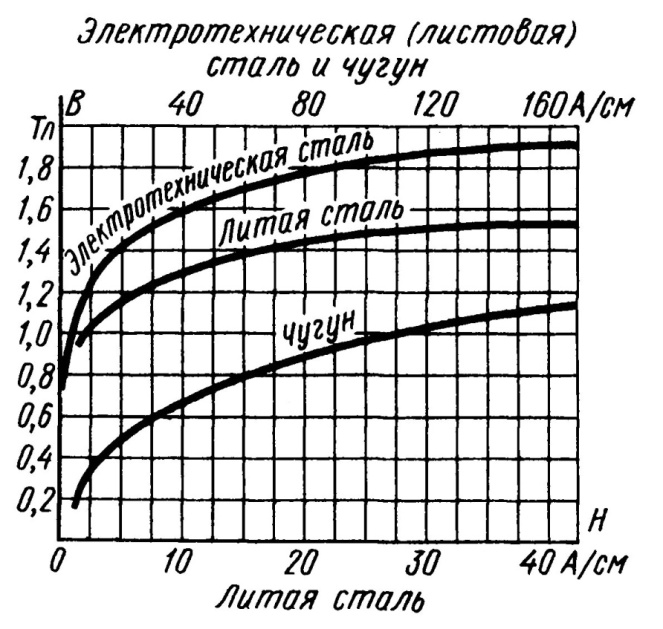
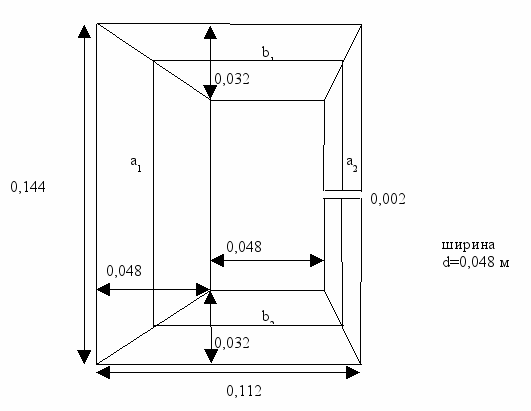


Рис. 5.1. Кривые намагничивания

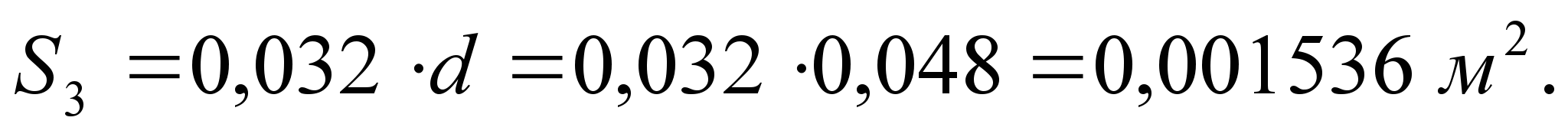
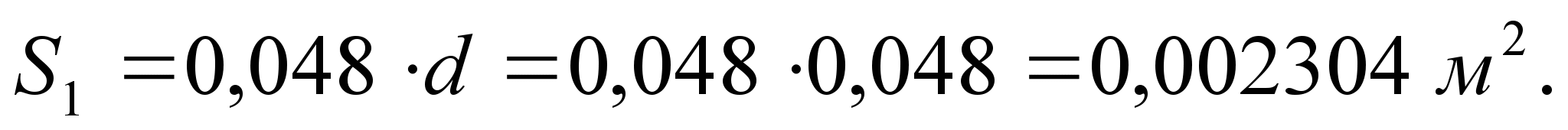
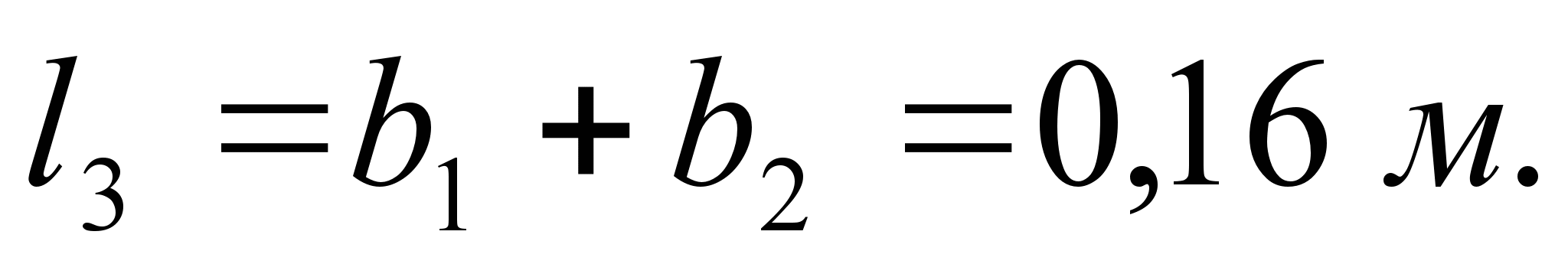
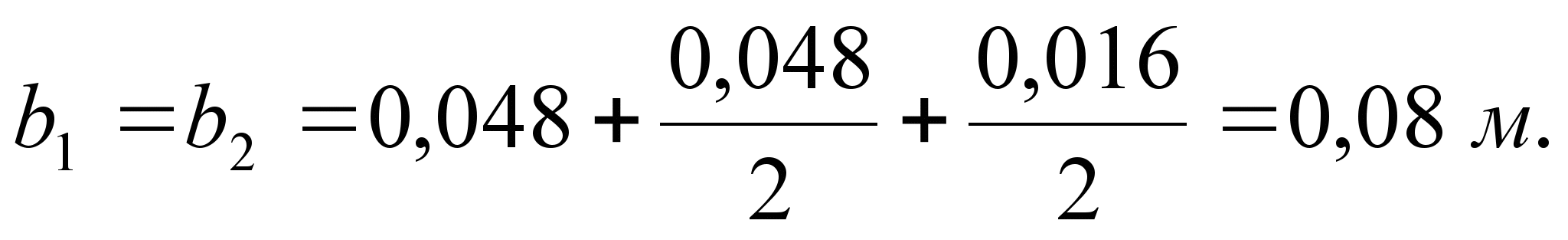
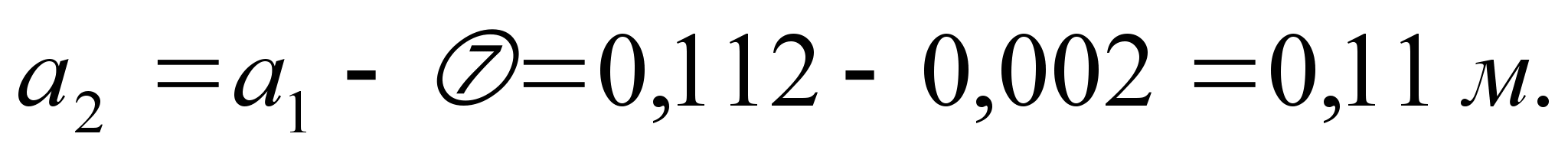
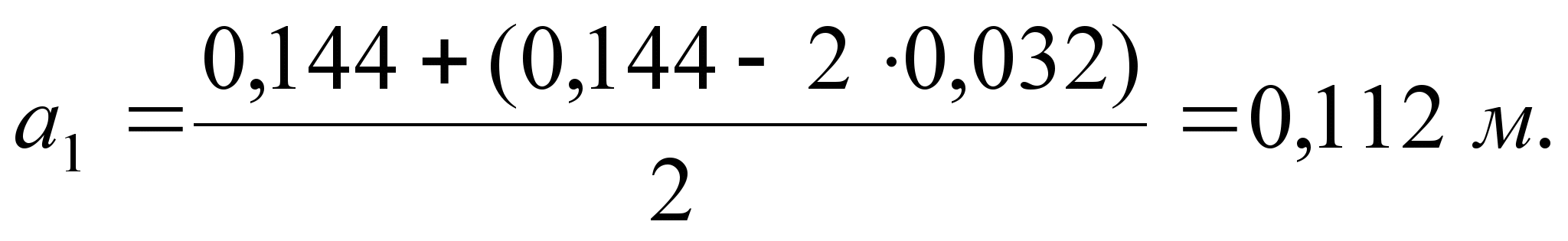
Рис. 5.2 Неразветвлённая неоднородная магнитная цепь



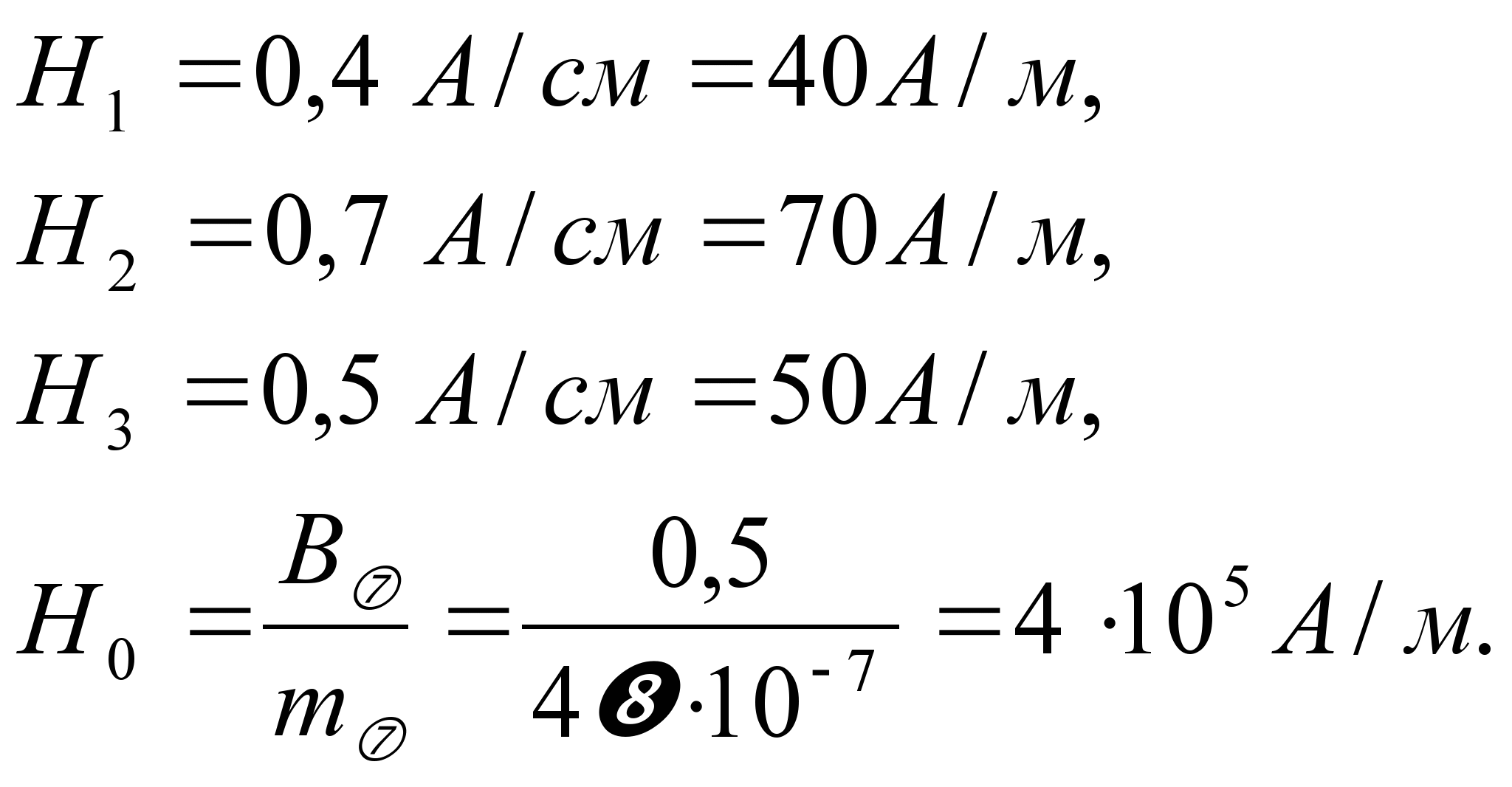
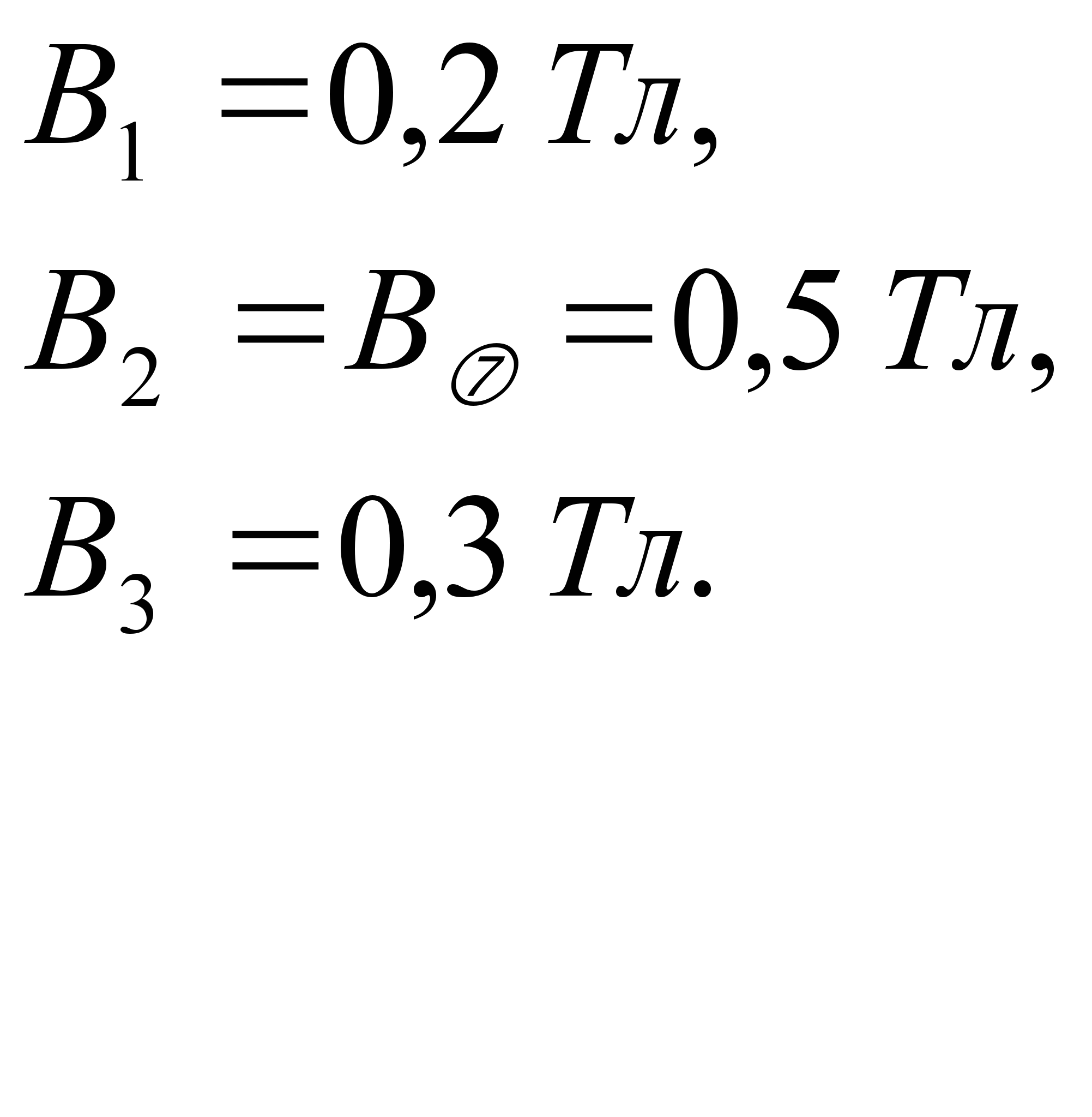
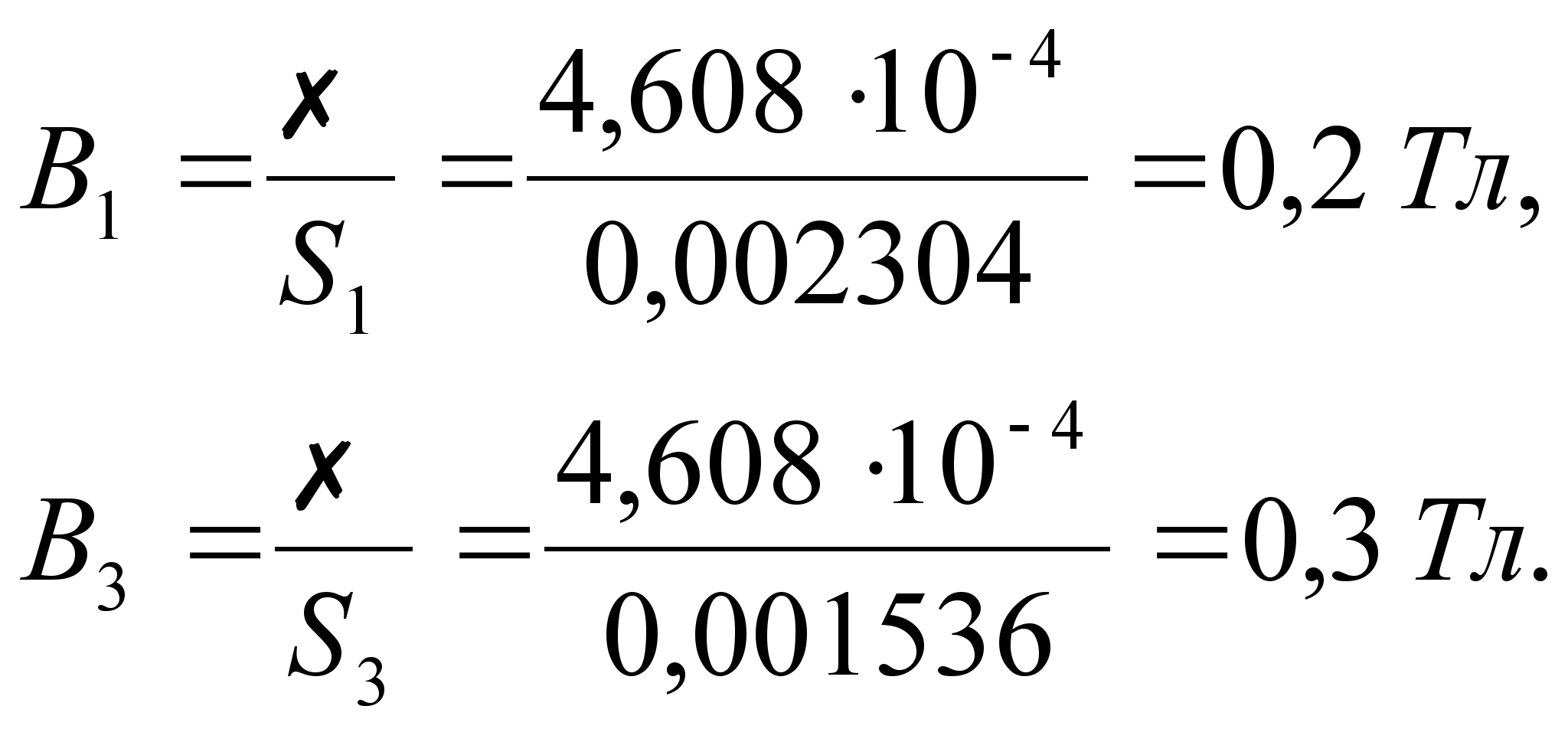
Пример 5.1.Расчет неразветвлённой неоднородной магнитной цепи

Для магнитной цепи с воздушным зазором δ,(рис. 5.2) определить магнитодвижущую силу F катушки по заданному значению магнитной индукции Вδ в воздушном зазоре (решение прямой задачи). Магнитопровод выполнен из электротехнической стали.  
1. В магнитопроводе проведем среднюю магнитную линию. Определяем длину средней линии отдельных участков магнитопровода с одинаковым сечением.  
  
2. Обозначим боковую сторону магнитопровода без воздушного зазора a1.

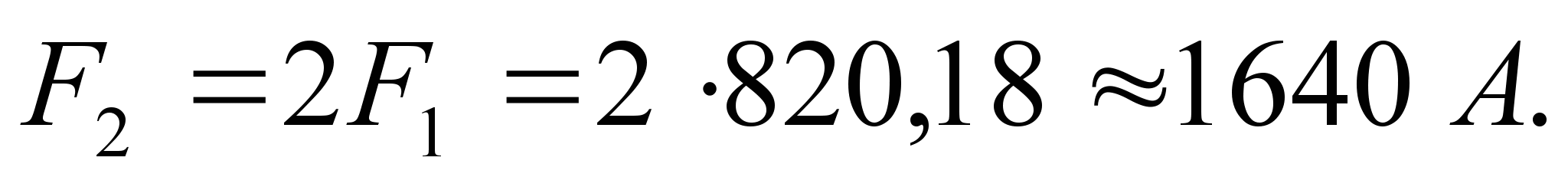
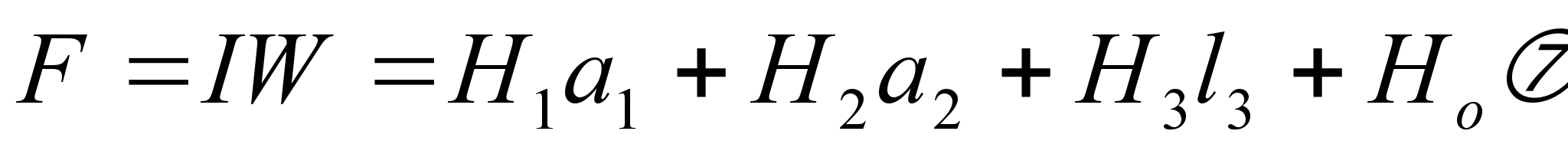
Так как, средняя линия трапеции равна полусумме верхней и нижней сторон,  
  
  
  
Длина средней линии стороны магнитопровода с зазором  
  
  
  
3. Обозначим нижнюю и верхнюю стороны магнитопровода b1 и b2 соответственно.  
  
  
  
  
  
4.Определим площади сечений отдельных участков магнитопровода  
  
  
  
  
  
  
  
5. Вычислим значение магнитного потока для всех участков магнитопровода:  
  
*Ф*



6. Вычислим значения магнитных индукций на отдельных участках магнитопровода:  
  
  
7. Для нахождения значений напряженности поля на отдельных участках магнитопровода воспользуемся зависимостью В(Н) представленной на рис.5.1



Вычислим значение магнитодвижущей силы.



**Варианты заданий к практической работе №5**

Для магнитной цепи с воздушным зазором δ=2мм, определить магнитодвижущую силу F катушки по заданному значению магнитной индукции Вδ= 0,6Тл в воздушном зазоре.с = 16мм.Магнитопровод выполнен из электротехнической стали.  
 Таблица 5.1

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариант№** | **Схема электрической цепи** |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6**

**Исследование устройства и режимов работы измерительных трансформаторов**

**Цель работы:** 1. Изучить назначение и классификацию измерительных

трансформаторов

2. Исследовать схемы включения и режимы работы

трансформаторов тока и напряжения

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** назначение и разновидности измерительных трансформаторов

**уметь: -** выполнять подключения измерительных трансформаторов

**Краткие теоретические сведения**

6.1 Назначение измерительных трансформаторов.

Измерения в цепях переменного тока высокого напряжения сопряжены с трудностями расширения пределов измерения электроизмерительных приборов, непосредственной оценки и с трудностями обеспечения техники безопасности обслуживания этих измерений.

Для решения указанных задач, в высоковольтных установках, применяются измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Кроме того, измерительные трансформаторы применяются для включения приборов релейной защиты.

6.2 Классификация измерительных трансформаторов.

По устройству и принципу действия, измерительные трансформаторы подобны обычным трансформаторам малой мощности, но отличаются от послед­них режимом работы, конструктивным оформлением, мощностью, габаритами.

6.2.1 Трансформаторы напряжения

Измерительные трансформаторы напряжения применяются при измерениях в сетях переменного тока напряжением свыше 220 В.

Трансформатор напряжения представляет собой понижающий трансформатор и состоит из замкнутого магнитопровода, набранного из электро­технической стали, марки Э-41, Э-42 или других высококачественных сплавов с толщиной листа 0,35 мм. На магнитопровод насажены две изолированные одна от другой обмотки. Сердечник с насаженными обмотками помещен в корпус. На корпусе трансформатора сделаны выводы, соответствующие номиналь­ному напряжению. Измерительные трансформаторы изготовляются: однофазными и трехфаз­ными. При напряжении до 3000 В, трансформаторы напряжения делаются сухими и при напряжении более 3000 В, делаются масляными - для большей электричес­кой прочности изоляции обмоток.

Первичная обмотка высшего напряжения состоит из большого числа витков медного, тонкого провода диаметром 0,1 — 0,2 мм.

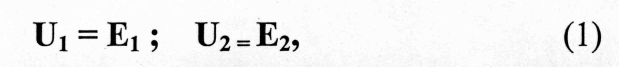
Зажимы первичной обмотки обозначают **А - X** и включа­ют через предохранители в сеть высокого напряжения. Вторичная обмотка низ­шего напряжения состоит из относительно малого числа витков медного про­вода диаметром 0,8 - 1,0 мм. Зажимы вторичной обмотки обозначаются **а - х**.

Во вторичную цепь трансформатора напряжения включаются вольтметры, частотометры и обмотки напряжения ваттметров, счетчиков электрической энер­гии и фазометров.

Электрическое сопротивление обмоток этих приборов велико,

поэтому трансформатор напряжения работает в режиме, близком к холостому ходу.

К первичной обмотки приложено напряжение — U1, по которой протекает переменный ток, вызывающий в магнитопроводе переменный магнитный поток, который пронизывает витки первичной и вторичной обмоток и индуктирует в них ЭДС EI и Е2. Так как падение напряжения во вторичной обмотке незначительное, из - за малого собственного потребления параллельных цепей измерительных приборов, то им можно пренебречь, тогда:



Следовательно, напряжение **U2** на зажимах вторичной обмотки пропорци­онально напряжению **U1**.

Напряжение на зажимах вторичной обмотки **U2**, будет во столько раз меньше напряжения **U1**, приложенного к первичной обмотке, во сколько число витков первичной обмотки больше числа витков вторичной.

Отношение действительного значения первичного напряжения **U1**, к действительному значению вторичного напряжения **U2** называется действитель­ным коэффициентом трансформации трансформатора напряжения:



Зная действительный коэффициент трансформации, и, измеряя напряжение вольтметром во вторичной цепи, можно определить первичное напряжение:



Номинальным коэффициентом трансформации трансформатора напряжения называют отношение номинального первичного напряжения **U1Н** к номинальному вторичному напряжению **U2Н**:



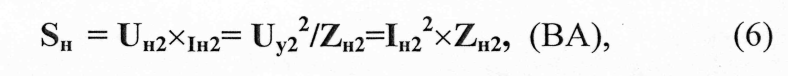
Этот коэффициент дается заводом-изготовителем и указывается на щитке трансформатора. Номинальное вторичное напряжение для всех трансформаторов равно 100 В, а для лабораторных трансформаторов 100 и 100/V3 В.

Вольтметр, предназначен для включения через измерительный трансформа­тор напряжения, градуируют с учетом номинального коэффициента трансформа­ции и по его шкале сразу получают значение измеряемого напряжения. В этих случаях на шкале вольтметра наносится соответствующая надпись, напри­мер; с трансформатором напряжения 7500/100 В (см. рис. 2).

Действительный коэффициент трансформации трансформатора напряжения - **К** может быть равен номинальному коэффициенту трансформации - **Кин** толь­ко при некоторых отдельных режимах работы.

Наибольшая мощность, которую можно получить от трансформатора напря­жения без увеличения погрешностей свыше допустимых, для его класса точности, называется номинальной, полной мощностью трансформатора, которая ука­зана заводом-изготовителем на щитке трансформатора.

При номинальном напряжении трансформатора и номинальном вторичном токе или номинальном сопротивлении вторичной цепи мощность трансформатора можно определить по формуле:



Изложенное выше относительно однофазных трансформаторов, относится и к

трехфазным трансформаторам.

Измерительные трансформаторы напря­жения *по нормам* делятся на следующие классы точности: 0,05-0,1-0,2-0,5, кото­рые относятся к лабораторным, а классы точности 1 и 3 относятся к стационар­ным.

*По роду изоляции трансформаторы напряжения делятся*:

- с сухой изоляцией (при напряжении до 3 кВ);

- маслонаполненные (при напряжении от 3 кВ и выше).

*По роду установки* стационарные трансформаторы напряжения применя­ются для внутреней и наружной установок.

6.2.2 Трансформатор тока

Трансформаторы тока применяют в электроизмерительной технике для рас­ширения пределов измерения по току. Первичная обмотка трансформатора тока выполняется из провода большого сечения и включается в сеть последовательно через зажимы Л1 и Л2 (линия) и по ней протекает измеряемый первичный ток - I1И

Вторичная обмотка, выполняется из медного провода сечением, соответст­вующим номинальному вторичному току, имеет число витков W1. Обычно коли­чество витков вторичной обмотки W2 больше числа витков W1 первичной обмот­ки.

Вторичный номинальный ток I2 для всех трансформаторов тока равен 5 А. Лишь трансформаторы тока, предназначенные для установки на откры­тых подстанциях, чтобы уменьшить падение напряжения в соединительных про­водах, имеющих относительно большую протяженность, имеет вторичный номи­нальный ток - 1 А.

К зажимам вторичной обмотки, с обозначением ИI и И2 (измерительные приборы) подключаются последовательно соединенные обмотки амперметров, и токовые обмотки ваттметров, фазометров, счетчиков. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала на случай пробоя между первичной и вторичной обмотками, один зажим вторичной обмотки ИТ должен быть обязательно заземлен.

Для трансформаторов тока установлены следу­ющие значения номинальных первичных токов: 5-10-15-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400-600-800 А и 1-1,5-2-3-4-6-8-10 и 15 кА.

Принцип работы трансформатора тока тот же, что и трансформаторов на­пряжения, но так как электрическое сопротивление приборов, включаемых во вто­ричную цепь, незначительно, то режим работы трансформатора тока близок к ре­жиму короткого замыкания, поэтому магнитный поток в магнитопроводе незна­чителен и им можно пренебречь.

Если во время работы трансформатора тока разомкнуть его вторичную цепь, то тока в ней не будет, а ток в первичной цепи останется прежней величины, и будет являться намагничивающим. Поэтому магнитный поток, который установится в магнитопроводе при размыкании вторичной цепи трансформатора, будет во мно­го раз больше магнитного потока, на который насажен магнитопровод при нор­мальном режиме его работы. Магнитные потери возрастут пропорционально квадрату потока, что может вызвать повышение температуры магнитопровод а и разрушение изоляции. Кроме того, увеличенный магнитный поток будет индуктировать во вторичной обмотке ЭДС, достигающую опасных значений для обслуживающего персонала. Поэтому размыкание вторичной цепи трансформатора тока, при наличии тока в первичной обмотке, является недопустимым и относится к аварийному случаю. Если необходимо у работающего трансформатора тока отключить прибор, тогда нужно зажимы вторичной обмотки замкнуть накоротко.

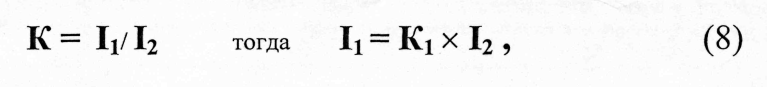
При измерении приборами, включенными во вторичную обмотку трансфор­матора тока, искомая величина определяется по показанию приборов, умножен­ному на номинальный коэффициент.

Для сохранения точности измерения, проводимого с помощью измеритель­ного трансформатора тока, необходимо, чтобы коэффициент трансформации оста­вался неизменным. В действительности это условие не может быть выполнено, так как первичный ток трансформатора тока не зависит от сопротивления его вто­ричной цепи.

При нормальном режиме работы трансформатора первичный ток может из­меняться от нуля до номинального значения, а при коротких замыканиях в цепи может быть во много раз больше номинального. В трансформаторах тока всегда стремятся к малым значениям сопротивлений: Z1 и Z2, т. е. трансформатор тока должен работать в режиме, близком к режиму короткого замыкания.

Под током холостого тока следует понимать ток, протекающий по первич­ной обмотке, который при разомкнутой вторичной обмотке создает в магнито-проводе номинальный магнитный поток для данного режима работы трансформа­тора.

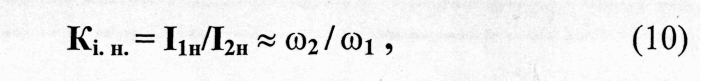
Отношение действительного значения первичного тока I1 к действитель­ному значению вторичного тока I2 называется действительным коэффициентом трансформации трансформатора тока.



Действительный коэффициент трансформации – **Кт**  обычно не известен, так как он зависит от режима работы трансформатора тока, т. е. от значения измеряе­мого тока, от сопротивления вторичной цепи трансформатора и т частоты тока. Поэтому приближенное значение тока в первичной цепи I1 определяется по номи­нальному коэффициенту трансформации **Кн** и по показаниям амперметра, вклю­ченного во вторичную обмотку трансформатора.



Номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока называют отношение номинального первичного тока I1н  к номинальному вторичному току I2н:



Номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока дается заводом - изготовителем и указывается на щитке трансформатора. Шкалу ампер­метра, предназначенного для работы с трансформатором тока, градуируют с уче­том номинального коэффициента трансформации, т. е. непосредственно в значе­ниях первичного тока. На шкале такого амперметра делается соответствующая надпись, например: с трансформатором тока 50/5.

Эта надпись означает, что шкала данного амперметра проградуирована с учетом номинального коэффициента трансформации:

По допустимым значениям погрешностей трансформаторы тока делятся на семь классов точности:

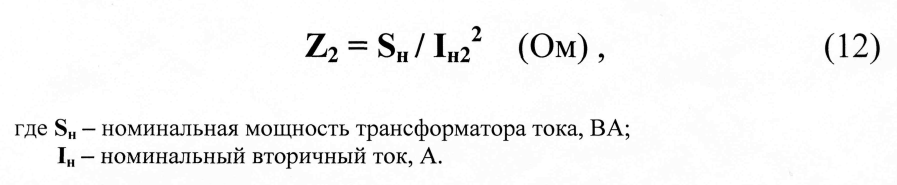
0,05-0,1-0,2-0,5-1-3 и 10.

Для каждого трансформатора тока заводом - изготовителем на паспортной табличке указывается его номинальное сопротивление - номинальная вторичная нагрузка в Омах или номинальная мощность в Вольт-Амперах.

Номинальной мощностью трансформатора тока называется мощность (полная), которую можно получить от трансформатора без увеличения погреш­ностей, выше допустимых, предусмотренных стандартом для соответствующего класса точности.

Иногда на щитке трансформатора номинальная нагрузка указывается не в Омах, а в Вольт — Амперах. Тогда значение наибольшего сопротивления, на кото­рое можно замыкать его вторичную обмотку, определяется по формуле:

*По способу применения трансформаторы тока делятся на:*



- переносные;

-стационарные.

*По роду установок:*

- для внутренних установок; .

- для наружных установок;

- встроенные;

- устанавливаемые внутри других аппаратов.

*По способу установок:*

- проходные;

- устанавливаемые в проходах стен или потолков;

- опорные.

*По конструкции первичной обмотки:*

- одновитковые стержневые;

- одновитковые личные;

- многовитковые катушечные.

*По роду изоляции:*

- с воздушной изоляцией;

- с фарфоровой изоляцией;

- с литой изоляцией.

Лабораторные трансформаторы тока имеют классы точности: 0,05-0,1-0,2 при частоте 50 Гц.

Разновидностью трансформаторов тока являются токоизмерительные клещи, которые применяются в тех случаях, когда необходимо произвести измерения без разрыва проводника с измеряемым током.

Измерительные клещи изготовляют на номинальные токи: 15-30-75-300-600 А, с классом точности 2,5, на номинальное напряжение 600 В.

6.3 Схемы включения измерительных трансформаторов.

Схемы подключения измерительных трансформаторов с целью измерения тока, напряжения и мощности приведены на рис.6.1, 6.2, 6.3.

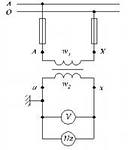


Рис. 6.1 Схема включения трансформатора напряжения

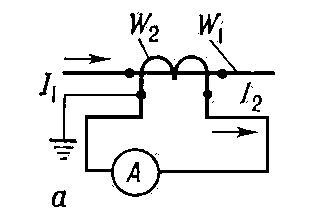


Рис. 6.2 Схема включения трансформатора тока

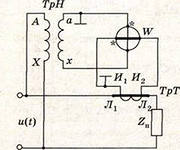


Рис. 6.3 Схемы включения трансформаторов тока и напряжения для измерения мощности.

**Задание к практической работе №6.**

1. Изучить назначение и классификацию измерительных трансформаторов.
2. Исследовать схемы включения трансформаторов тока и напряжения для измерения тока, напряжения и мощности.
3. Исследовать режимы работы трансформаторов тока и напряжения.
4. Оформить практическую работу в виде реферата по теме «Измерительные трансформаторы».

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7**

**Расчёт неразветвлённой цепи переменного тока**

**Цель работы:** 1. Освоить две методику расчёта

неразветвлённой цепи переменного тока

2. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники и методы расчёта,

применяемые при расчёте неразветвлённой цепи переменного

тока

**уметь:** - производить расчёт неразветвлённой цепи переменного тока

и строить векторные диаграммы токов и напряжений

**Краткие теоретические сведения**

Для пояснения методики расчёта неразветвлённой цепи переменного тока приведёны методические указания и типовой пример.

7.1.Векторная диаграмма токов и напряжений. Если в неразветвлённой цепи с сопротивлением R, индуктивностью L и емкостью C (рис. 7.1) протекает синусоидальный ток i=ImSINωt, то мгновенное значение приложенного к цепи напряжения u=ua+uL+uc. Напряжение на активном сопротивлении Ua совпадает по фазе с током в цепи I, напряжение на индуктивности UL опережает ток на 90°, а напряжение на ёмкости UC отстает от тока на 90.

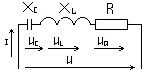


Рис.7.1

Действующие значения на участках цепи: Ua=IR; UL=IXL; UC=IXC. Действующее значение напряжения на зажимах цепи получим методом векторного сложения: **U=Ua+UL+UC**. Построим векторную диаграмму тока и напряжений. Сначала отложим вектор тока **I** (рис. 7.2). Вектор падения напряжения в активном сопротивлении **Ua** совпадает по фазе с вектором тока **I**, вектор индуктивного падения **UL** отложим вверх под углом 900, а вектор емкостного падения напряжения **UC**- вниз под углом 900 к вектору тока **I**. Сложив векторы напряжений **Ua, UL, UC**, получим вектор напряжения **U**, приложенного ко всей цепи. Векторная диаграмма построена для случая, когда XL>XC и цепь имеет активно- индуктивный характер.



Рис.7.2

При этом условии UL>UC, а напряжение U опережает по фазе ток I на угол j. Если XC>XL, то UC>UL и цепь имеет активно-ёмкостный характер. При этом напряжение U (рис.2) отстаёт по фазе от тока I на уголj. При равенстве реактивных сопротивлений (XL=XC) UL=UC (рис.7.3). При этом напряжение U совпадает по фазе с током I (j=0) и цепь носит активный характер.



Рис 7.3

Этот режим в рассматриваемой цепи называется **резонансом напряжений**.

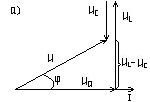
7.2.Треугольники сопротивлений и мощностей. Рассмотрим треугольник напряжений на (рис. 7.4а). Один катет этого треугольника выражает активное напряжение Ua, другой – реактивное напряжение цепи UL-UC, а гипотенуза - полное напряжение U. Разделив стороны треугольника напряжений на ток I ,получим треугольник сопротивлений (рис.7.4б), из которого следует, что полное сопротивление цепи равно:

Z=

Поэтому ток в цепи:

*I=U/Z=U/*

Если все стороны треугольника напряжений (рис7.4а) умножить на ток I, то получим треугольник мощностей (рис.7.4в).



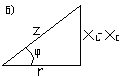


Рис. 7.4

Мощности:

Активная:

P=Ua×I=I2×R=U×I×COSj, где COSj=Ua/U=R/Z;

Реактивная:

Q=(UL-UC)×I=I2×(XL-XC)=U×I×SINj;

Полная:

S=U×I=

**Пример 7.1**. Неразветвлённая цепь имеет сопротивления: R=4 Ом; XL=10Ом и XC=7Ом. Напряжение на зажимах цепи U=24В. Определить ток, активную, реактивную и полную мощности цепи.

Решение:

Полное сопротивление цепи **Z=****=****=**5 Ом.

Полный ток I=U/Z=24/5=4.8 А

Мощности:

*Активная* P=I2×R=4.82∙4=92.2 Вт;

*Реактивная* Q=I2× (XL-XC)=4.82× (10-7)=69.1 Вар;

*Полная* S =U×I=24×4.8=115.2 ВА.

**Задание к практической работе №7.**

Активное сопротивление R, индуктивность L и емкость C соединены последовательно и подключены к источнику с напряжением U и частотой 50 Гц. Начертить электрическую схему, определить параметры цепи: XL, XC, Z и коэффициент мощности COSφ, ток I, напряжения: U, Uа, UL, UС и мощности: P, QL,QC,S цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму. Определить характер эквивалентного сопротивления цепи. Приняв начальную фазу напряжения источника равной нулю, написать законы изменения во времени тока и всех напряжений цепи.

**Варианты заданий к практической работе №7.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | **R, Ом** | **L, Гн** | **C, мкФ** | **I, А** | **Uа,В** | **UL, В** | **UC, В** |
| 1 |  | **0,23** | **27** | **2,5** | **65** |  |  |
| 2 | **25** | **0,19** | **80** |  |  |  | **25** |
| 3 |  |  | **12** | **0,4** | **55** | **34** |  |
| 4 | **34** | **0,18** |  |  |  | **112** | **84** |
| 5 |  |  |  | **1,5** | **66** | **28** | **50** |

### 

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | U, В | I, А | P, Вт | QL, Вар | Uа, B | UL, B | UC, В |
| 6 | 200 | 6,0 |  |  | 150 | 100 |  |
| 7 |  | 0,4 |  |  | 36 | 84 | 50 |
| 8 |  | 1,2 | 135 | 85 |  |  | 30 |
| 9 | 60 |  |  | 140 |  | 28 | 86 |
| 10 | 220 |  | 240 |  | 160 |  | 100 |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8**

**Расчёт разветвлённой цепи переменного тока**

**Цель работы:** 1. Освоить две методики расчёта

разветвлённой цепи переменного тока

2. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники и методы расчёта,

применяемые при расчёте разветвлённых цепей переменного

тока

**уметь:** - производить расчёт разветвлённой цепи переменного тока мето

дом проводимостей и методом активных и реактивных состав-

ляющих и строить векторные диаграммы токов и напряжений

**Краткие теоретические сведения**

Параллельное соединение приемников: электродвигателей, осветительных устройств, бытовых приборов, находит самое широкое применение.

Все электрические приемники при этом включаются в общую сеть переменного тока с определенным напряжением. Рассмотрим цепь переменного тока с параллельным соединением двух реальных катушек индуктивности, каждую из которых, можно представить, как обмотку электродвигателя переменного тока.

Пусть ток первой катушки I1, отстает по фазе от напряжения на угол

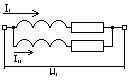
φ1, а ток второй катушки на угол φ2, для построения векторной диаграммы (ВД) в разветвленной цепи примем вектор напряжения U, одинаковый для обеих катушек, за исходный.

Рис.8.1

Вектор I выражает ток в неразветвленной части цепи. Угол φ - это угол сдвига фаз между током и напряжением всей цепи.

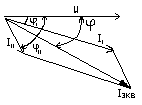


Рис.8.2

8.1Метод активных и реактивных составляющих.

1. Определим полное сопротивление каждой ветви:

Z1=√R21+ XL12 и Z2=√R22+ XL22

1. Определим токи в каждой ветви:

I1 = U/Z1; I2 = U/Z2

1. Определим углы сдвига фаз для обеих катушек:

COSφ1 = R1/Z1; COSφ2 = R2/Z2

1. Определим активную составляющую тока в неразветвленной части цепи.

Ia = I1COSφ1+I2COSφ2

Ia = ICOSφэкв

1. Определим реактивную составляющую тока в неразветвленной части цепи.

IP = I1SINφ1+I2SINφ2=ISINφ

Ток в цепи до разветвления:

I =

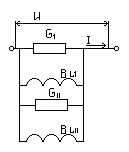
1. Угол сдвига фаз:

COSφ = Ia/Iп

SINφ = IP/Iп

8.2Метод проводимостей.

Токи I1, I2 и I и их составляющие Ia1, IP2; Ia2, IP2 образуют многоугольник токов, если все его стороны разделить на напряжения, то получим многоугольник проводимостей. На эквивалентной схеме (рис. 8.3) каждую катушку можно изобразить двумя параллельно соединенными элементами.

1. Определим полное сопротивление каждой ветви:

Z1=√R21+ XL12 и Z2=√R22+ XL22

1. Определим эквивалентные проводимости каждой ветви.

2.1 Проводимости первой ветви:

Активная проводимость первой ветви:

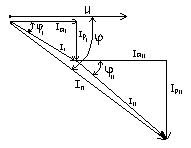
G1 = = R1/Z12

Реактивная проводимость:

BL1 = XL1/Z12

Полная проводимость первой катушки: Рис.8.3

Y = 

 2.2 Проводимости второй ветви:

Активная:

G2 = R2/Z22

Реактивная:

BL2 = XL2/Z22

Полная:

Y = 

2.3. Из треугольника проводимостей определим:

активную, реактивную и полную проводимости

для всей цепи.

Активная: Рис.8.4

Gэкв = G1+G2

Реактивная:

BLэкв = BL1+BL2

Полная:

Y=

1. Определим токи ветвей и общий ток цепи:

I1=U∙Y1

I2=U∙Y2

I=U∙Y

1. По проводимости можно определить мощности цепи:

Активная:

P = U2 G

Реактивная:

Q = U2B

Полная:

S = U2Y

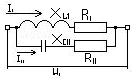
8.3Пример 8.1.

В электрической цепи рис.8.5 известны: R1 = 30 Ом, XL1= 40Ом, R2 = 30 Ом, XC2 = 40 Ом, Uэкв = 100В. Определить все токи.

Задачу решить методом проводимости, и методом активных и реактивных составляющих.

8.3.1 Метод проводимостей.

Согласно методу проводимости, заменим заданную схему эквивалентной.

(рис. 8.6)

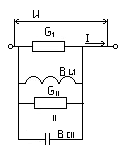
Решение:

* Проводимость первой ветви:

Z1 = = = 50 Ом

G1 = R1/Z12 = 30/502 = 0,012 См

BL1 = XL1/Z12= 40/502 =0,016 См Рис.8.5

* Проводимость второй ветви:

Z2 == = 50 Ом

G2 = R2/Z22 = 30/502 = 0,012 См

BC2 =XC2/Z22 = 40/502 = 0,016 См

* Найдем проводимости для всей цепи:

**Активные:**

G = G1+G2 = 0,024 См

**Реактивные:** Рис.8.6

B = BL1-BL2 = 0 См

Полные:

Y == 0,024 См

Ток в не разветвленной части цепи:

## I = U×Y = 2,4 A

Аналогично находятся токи в каждой ветви.

Найдем мощности: активную, реактивную и полную по формуле:

Активная:

P = U2××G = 1002×0,024 = 240Вт

Реактивная:

Q = U2×B = 1002×0 = 0 ВАр

Полная:

S = U2×Y = = 1002×0,024 = 240ВА

8.3.2 Метод активных и реактивных составляющих.

Определим токи в каждой катушке:

I1 = U/Z1= 100/50 = 2 A I2 = U/Z2=100/50 = 2 A

Затем определим угол сдвигов фаз для обеих катушек:

COSφ1 = R1/Z1= 30/50 = 0,6 COSφ2 = R2/Z2 = 30/50 = 0,6

Определим общую активную составляющую токов всех ветвей.

Ia = I1COSφ1+I2COSφ2 = 2×0,6+2×0,6 = 2,4 А

Реактивная составляющая:

IP = I1SINφ1- I2SINφ2 = 0

Ток в цепи до разветвления:

IП == 2,4 А

Угол сдвига фаз между током и напряжением:

COSφ = Ia/I= 2,4/2 =1.2А; I SINφ = IP/I= 0/2,4 = 0

Найдем мощности: активную, реактивную, полную.

Активная:

P = U×Ia = 240 Вт

Реактивная:

Q = U×IP = 0 ВАр

Полная:

S = U×I= = 240 Вар.

Векторная диаграмма ценпи приведена на рис. 8.7:

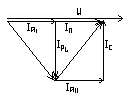


Рис. 8.7

**Задание к практической работе № 8.**

По данным таблицы 8.1, согласно варианту, начертить схему разветвлённой электрической цепи.

Определить: токи ветвей и ток неразветвленной части цепи. Активную, реактивную и полную мощности каждой ветви и всей цепи. Построить векторную диаграмму цепи.

Таблица 8.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Дано** | № Варианта | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **U, B** | 200 | 200 | 100 | 100 | 220 | 127 | 130 | 100 | 200 | 220 |
| **f, Гц** | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| **R1** |  | 40 | 10 |  |  | 12,7 |  |  | 40 |  |
| **R2** |  |  |  |  |  |  | 65 | 60 |  | 22 |
| **R3** | 20 | 10 | 8 | 16 | 8 | 16 | 9 | 200 | 14 | 16 |
| **XC1** | 40 |  |  | 10 | 11 |  |  | 100 |  | 17,3 |
| **XC2** |  | 20 |  |  |  | 22 |  |  | 100 |  |
| **XC3** | 14 |  | 6 |  |  |  | 7 |  |  |  |
| **XL1** |  |  |  |  |  |  | 18,6 |  |  |  |
| **XL2** | 140 |  | 16,66 | 10 | 14,67 |  |  | 80 |  |  |
| **XL3** |  | 10 |  | 12 | 6 | 12 |  |  | 14 | 12 |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9**

**Расчёт симметричной трёхфазной цепи переменного тока**

**Цель работы:** 1. Освоить методику расчёта

симметричной трёхфазной цепи

2. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники и методы расчёта,

применяемые при расчёте симметричных трёхфазных цепей

**уметь:** - производить расчёт симметричной трёхфазной цепи

и строить векторные диаграммы токов и напряжений

**Краткие теоретические сведения**

Трехфазная система – это совокупность трех синусоидальных электрических токов (напряжений, ЭДС) одной частоты, сдвинутых по фазе относительно друг друга на 120 эл.град.

Звезда – это такое соединение, когда к началам обмоток источника присоединяются линейные провода, а концы обмоток соединяются в одну точку, называемую нейтралью.

В четырехпроводной цепи к ней присоединяется нейтральный провод, в трехпроводной, он отсутствует.

При соединении в звезду:

Ток линейный равен току фазному

Iл=Iф, А.

Напряжения линейные отличаются от фазных в √3 раз.

UAB=UA-UB, В

UBC=UB-UC, В

UCA=UC-UA, В

Uл=√3Uф, В

Токи в нулевом проводе:

IN=IA+IB+IC, А

## Мощности определяются по формуле

## P=√3Uicosφ, Вт

Q=√3Uisinφ, вар

S=√3UI, ВА

Треугольник – это такое соединение, когда конец первой обмотки источника присоединяется к началу второй, конец второй – к началу третьей, конец третьей – к началу первой; линейные провода присоединяются к точкам соединения обмоток.

При соединении в треугольник:

Напряжения линейные и фазные равны

Uл=√3Uф, В

Токи линейные отличаются от фазных в √3 раз.

IA=IAB-ICA, А

IB=IBC-IAB, А

IC=ICA-IBC, А

Iл=√3Iф, А

## Мощности определяются по формуле

P=√3Uicosφ, Вт

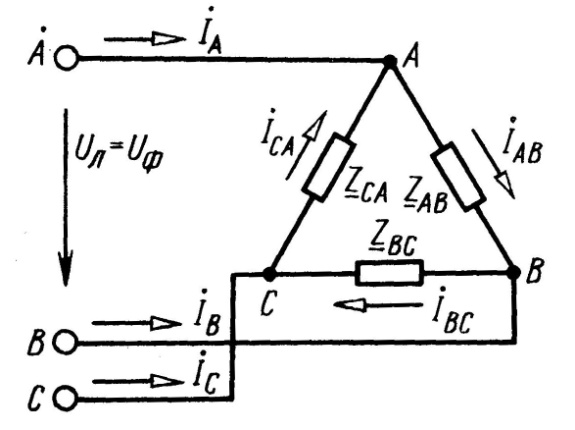
Q=√3Uisinφ, вар

S=√3UI, ВА

Задача расчета трехфазной цепи состоит в определении токов в фазах приемника, в проводах линии, а также мощности приемника в каждой фазе и в целом, если заданы линейные напряжения и сопротивления фаз. В симметричной цепи сопротивления фаз приемника одинаковы, и на его зажимах действует симметричная система линейных напряжений. Для такой цепи достаточно провести расчет одной фазы, так как токи и мощности во всех фазах по величине одинаковы.

Пример 9.1 генератору (рис. 9.1) с линейным напряжением Uл =220 В подключен потребитель, соединенный треугольником. Активное сопротивление каждой фазы потребителя Rф =8 Ом, индуктивное XLф= 6 Ом.   
Определить ток в каждой фазе генератора, отдаваемую им мощность и построить векторную диаграмму.

Рис. 9.1  
Решение. Напряжение на каждой фазе потребителя Uф равно линейному напряжению генератора Uл , так как потребитель соединён треугольником.



Uф= Uл= 220 В

Сопротивление фазы:

Zф = √ Rф 2+ XLф 2 = √82 + 62 = 10 Ом.

Ток каждой фазы потребителя (нагрузка равномерная):

Iф = Uф/ Zф = 220 /10 = 22 А.

Линейный ток потребителя, соединенного треугольником:

Iл =√3Iф=1,73∙22=38 А.

Отдаваемая генератором мощность (активная мощность):

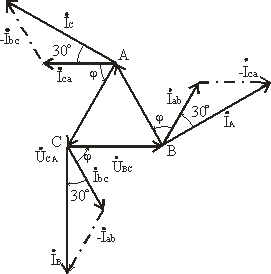
Р =√3 Uл ∙ Iл ∙соsφ = 1,73 ∙ 220 ∙ 38 ∙ 0,8 =11570 Вт,

Так как

соsφ = Rф/ Zф = 8/10 = 0,8; то φ = 37о

т. е. ток фазы потребителя отстает от напряжения на угол φ =37°, нагрузка индуктивного характера. Вычисленные величины легли в основу построения векторной диаграммы (рис. 9.2).

Рис. 9.2



**Задание к практической работе № 9.**

В сеть трёхфазного тока с линейным напряжением Uл включен симметричный приёмник энергии. Способ соединения фаз приёмника –треугольник. Сопротивления его фаз приведены в таблице вариантов. Начертить схему цепи. Определить фазные и линейные токи, активную, реактивную и полную мощности, фазы и всей системы, коэффициент мощности. Построить векторную диаграмму линейных и фазных токов и напряжений.

Таблица 9.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант №** | **Uл,В** | **Rф, Ом** | **XСф,**  **Ом** | **X** **Lф, Ом** |
| 1 | 380 | 8 | - | 8 |
| 2 | 220 | 60 | - | 90 |
| 3 | 380 | 16 | 12 | - |
| 4 | 660 | 16 | - | 12 |
| 5 | 660 | 120 | 160 | - |
| 6 | 660 | 16 | - | 12 |
| 7 | 380 | 8 | 6 | - |
| 8 | 220 | 8 | - | 6 |
| 9 | 660 | 30 | 40 | - |
| 10 | 380 | 60 | 80 | - |

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10**

**Расчёт несимметричной трёхфазной цепи переменного тока**

**Цель работы:** 1. Освоить методику расчёта

несимметричной трёхфазной цепи

2. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

*В результате выполнения практической работы студент должен:*

**знать: -** основные законы электротехники и методы расчёта,

применяемые при расчёте несимметричных трёхфазных цепей

**уметь:** - производить расчёт трёхфазной цепи в аварийных режимах.

строить векторные диаграммы токов и напряжений

**Краткие теоретические сведения**

10.1 Обрыв фазы при симметричной нагрузке в схеме

без нулевого провода

При обрыве фазы А сопротивления Ra и RВ оказываются соединён­ными последовательно и к ним приложено линейное напряжение Ubc- Напряжение на каждом из сопротивлений составляет 3/2 от фазного напряжения в нормальном ре­жиме. Нулевая точка нагрузки на векторной диаграмме напряжений смещается на ли­нию ВС, и при Rb = Rc она находится точно в середине отрезка ВС (рис10.1)



Рис. 10.1

10.2 Короткое замыкание фазы при симметричной нагрузке в схеме

без нулевого провода

При коротком замыкании фазы нагрузки в схеме с нулевым проводом ток в этой фазе становится очень большим (теоретически бесконечно большим) и это приводит к аварийному отключению нагрузки защитой. В схеме без нулевого провода при замыка­нии, например, фазы А, нулевая точка нагрузки смещается в точку «А» генератора. То­гда к сопротивлениям фаз В и С прикладываются линейные напряжения. Токи в этих фазах возрастают в V3 раз, а ток в фазе А - в 3 раза (рис. 10.2).

Короткие замыкания между линейными проводами и в той и в другой схеме приводят к аварийному отключению нагрузки.

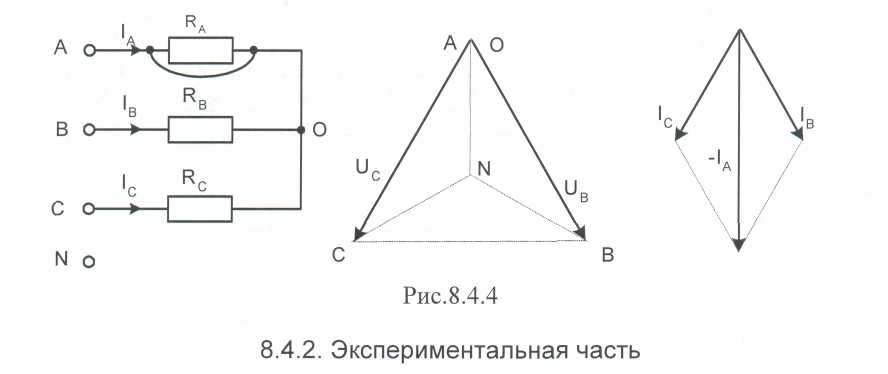


Рис. 10.2

В трёхпроводную сеть трёхфазного тока с линейным напряжением Uл включен симметричный приёмник энергии. Способ соединения приёмника – звезда, сопротивления его фаз заданы в таблице 10.1. Определить фазные токи и напряжения в режимах обрыва фазы А и короткого замыкания фазы А. Начертить схему цепи в рабочем и в аварийных режимах. Построить векторную диаграмму линейных и фазных токов и напряжений в аварийных и рабочем режимах.

Таблица 10.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант №** | **Uл,В** | **Rф, Ом** | **XСф,**  **Ом** | **X** **Lф, Ом** |
| 1 | 380 | 8 | - | 8 |
| 2 | 220 | 60 | - | 90 |
| 3 | 380 | 16 | 12 | - |
| 4 | 660 | 16 | - | 12 |
| 5 | 660 | 6 | 8 | - |
| 6 | 660 | 16 | - | 12 |
| 7 | 380 | 8 | 6 | - |
| 8 | 220 | 8 | - | 6 |
| 9 | 660 | 30 | 40 | - |
| 10 | 380 | 4 | 4 | - |

**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

1. оценка «отлично» выставляется обучающемуся за работу, выполненную безошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений;
2. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в полном объеме с недочетами;
3. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (не менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы);

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы).

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов,**

**дополнительной литературы**

**Основные источники:**

* 1. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники. –М.: Высшая школа, 2015
  2. Атемалян Э.Г. Приборы и методы измерений электрических величин.-М.: Дрофа, 2015.
  3. Л.В.Журавлева. Электроматериаловедение: Учебник для начального профессионального образования: Учебное пособие для среднего профессионального образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2015г.

**Дополнительная литература**

1. Лотарейчук Е.А. Теоретические основы электротехники: учебник для среднего профессионального образования. –М.:Форум – Инфра – М, 2014
2. Панфилов В.А. электрические измерения. – М.: Академия, 2011.
3. Можаев Н.С., Хорин Е.Ф. Лабораторный практикум по ТОЭ и общей электротехнике. –М.: ВИА, 2016
4. ГОСТ 1980-74 Электротехника. Основные понятия. Термины и определения.
5. Правила устройства электроустановок. –М.: Энергоатомиздат, 2010
6. ГОСТ Т521-VI-81 Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы, магнитные усилители.
7. ГОСТ Т521-XI-81Электроизмерительные приборы.
8. ГОСТ2.728-74 Резисторы. Конденсаторы.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Пояснительная записка ………………………………………………………..  Перечень практических работ ………………………………………………..  Требования к содержанию отчета ……………………………………........... | 4  5  6 |
| **Практическая работа №1.** «Расчёт цепи постоянного тока методом эквивалентного сопротивления». (2 ч) …………………………………………… | 7 |
| **Практическая работа №2.** «Построение потенциальной диаграммы».  (2 ч)……………………………………………………………………………… | 11 |
| **Практическая работа №3.** «Расчёт сложной цепи постоянного тока».  (2 ч)………………………………………………………………………………. | 16 |
| **Практическая работа № 4.** «Расчёт электростатической цепи при смешанном соединении конденсаторов». (2 ч)………............................................ | 25 |
| **Практическая работа №5.** «Расчёт неразветвлённой неоднородной магнитной цепи». (2 ч)…………………………………………………………….... | 28 |
| **Практическая работа № 6.** «Исследование устройства и режимов работы измерительных трансформаторов». (2 ч) ……….............................................. | 33 |
| **Практическая работа № 7.** «Расчёт неразветвлённой цепи переменного тока».(2 ч)………………………………………………………………………. | 40 |
| **Практическая работа № 8.** «Расчёт разветвлённой цепи переменного тока».(2 ч) …………………………………………………………………… | 43 |
| **Практическая работа № 9.** «Расчёт симметричной трёхфазной цепи».  (2 ч) ………........................................................................................................... | 48 |
| **Практическая работа № 10.** «Расчёт несимметричной трёхфазной цепи».  (2 ч) ………........................................................................................................... | 51 |
| Критерии оценивания практических работ ……………………………….. | 53 |
| Литература……………………………………………………………………. | 54 |
| Приложение А. Образец титульного листа………………………………… | 55 |

**Приложение А.** Образец титульного листа

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**Отчёт**

по лабораторным и практическим работам

по дисциплине

**«Электротехника»**

**Выполнил:** *студент группы МЭ-295/б*

*Петров В. И.*

**Проверил:** *преподаватель*

*Василенко И. Н.*

**Челябинск 2019/20 г.**